

ECOLE DOCTORALE 526 - Sociétés et organisations

FACULTE DES LETTRES ET DES SCIENCES HUMAINES

Thèse N° [...]

Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Limoges

présentée et soutenue par **Farid BOUMEDIENE** le 16 décembre 2011

Discipline : Géographie

Ingénierie géomatique en Limousin

*Le difficile parcours des systèmes de coordination et de
communication d'informations géographiques
vers des diagnostics territoriaux partagés*

Thèse dirigée par **Philippe Allée**, Pr de Géographie, Université de Limoges

Rapporteurs

Thierry Joliveau, Pr de géographie, Université de Saint-Etienne

Isabelle Baldi, Dr en Santé Publique, Université de Bordeaux II

Examineurs

Pierre-Marie Preux, PU-PH en Santé Publique, Université de Limoges

Alexandre Moine, Pr de géographie, Université de Franche Comté

A Céline et Mahé,

à mes collègues, à mes amis,

et surtout à toi Bernard,

*je ne trouve toujours pas les mots pour exprimer le vide laissé
mais je suis certain que c'est un moment, parmi tant d'autres, que nous devions partager...*

REMERCIEMENTS

Il est de coutume de commencer en remerciant les organismes et les personnes sans lesquelles ce travail n'aurait vu le jour.

En premier lieu, mes remerciements s'adressent à l'organisme de recherche dans lequel j'ai été partiellement rattaché, d'abord en tant qu'ingénieur d'études et depuis peu en tant qu'ingénieur de recherche, et qui m'a offert un contexte professionnel des plus enrichissants : l'UMR CNRS 6042 GEOLAB. Dans cette unité, je dois avant tout m'adresser à Philippe Allée, qui a accepté de diriger cette thèse. Le soutien apporté ne pourrait être décrit en quelques lignes tant le chemin parcouru a été long et sinueux.

Je n'oublie pas les autres membres de l'équipe dont la quiétude à l'égard de ce travail m'a toujours obligé à le mener à son terme : merci particulièrement à Nathalie Bernardie-Tahir pour son amitié, à Frédéric Richard pour ce travail sur les migrants réalisé en commun et utilisé dans ce doctorat, à Edwige Garnier pour une situation similaire concernant les TER en Limousin, et plus généralement aux collègues du laboratoire avec lesquels nous avons œuvré dans le même sens depuis plusieurs années : merci pour cette qualité d'environnement professionnel.

Ce travail s'appuie sur de nombreuses actions-recherches menées en concertation avec des groupes d'acteurs territoriaux restreints ou élargis. L'implication de certaines personnes a joué un rôle déterminant dans ce travail : mes remerciements s'adressent à Jérôme Pesteil, Corinne Bournazel, et Régis Leymarie (de la Communauté d'Agglomération de Brive-la-Gaillarde) ; à Jean Yves Jabet, Mickael Jarry et Olivier Barlogis (du Conseil Régional du Limousin) ; à Olivier Catelinois (de l'InVs) ; à Caroline Ringard (de l'IRSN) ; à Philippe Couratier (du Centre de référence de la SLA en Limousin), à Olivier Claverie (du CGSO). Les coups de pouce ont été divers (de la mise à disposition de bases de données à l'organisation de cadres de concertations indispensables pour traiter le sujet de ce doctorat) - merci à tous pour vos implications professionnelles qui ont fourni le matériau de cette réflexion et merci surtout pour vos facilitations dans les procédures organisationnelles des actions-recherche.

Le domaine de la géo-épidémiologie fut une découverte qui m'a ouvert des perspectives de recherches des plus passionnantes : cette orientation n'aurait pu être possible sans Pierre-Marie Preux et Michel Druet-Cabanac (de l'équipe d'accueil NeTeC EA 3174 de l'Université de Limoges).

Quant à l'initiation pratique à de nouvelles recherches en relation avec le monde médical, elles n'auraient pas été possible sans Jean-Philippe Leleu (chercheurs associé à GEOLAB) et Fabrice Quet (en poste au RGCL) – compagnons la journée pour les travaux géostatistiques et compagnons nocturnes pour la mise en place des diaporamas à l'attention de groupes d'experts. Merci à tous les deux pour cette motivation et cette intensité dans les travaux réalisés ensemble au cours de l'année 2009.

Des noms manquent bien évidemment... et donc, pour toutes les personnes que ces actions-recherches ont impliqué, comme pour toutes celles soucieuses que ce travail arrive à son terme : un grand merci pour cette ouverture d'esprit et pour l'intérêt partagé de ces préoccupations scientifiques et territoriales.

Enfin, il ne s'agit plus de remerciements mais plutôt de présenter des excuses, à Céline et à ma famille dispersée dans toute la France, pour toutes ces vacances consacrées à la rédaction de ce tapuscrit et qui ont empiétés sur des moments que nous devions partager, car le temps passé ne se rattrape pas; et à ce titre, une pensée toute particulière à Mahé, qui peut être lira ces quelques pages dans quelques années...

Mes dernières lignes de remerciements vont à Bernard Valadas, parti bien trop tôt et bien trop vite au printemps 2010. Malgré son absence, il continue d'incarner à mes yeux l'idéal d'une pratique de la géographie animée de curiosités et de regards nouveaux, insistant dans les négociations et les concertations territoriales sur la pertinence d'une démarche commune dans un intérêt collectif, et en continuant à croire en un avenir meilleur grâce à des comportements exemplaires, probablement le plus bel héritage que Bernard a toujours cherché à transmettre.

Sommaire général

Introduction générale..... 7

**CHAPITRE I : GEOMATIQUE, GESTION TERRITORIALE ET AIDE A LA DECISION -
Une synergie "acteurs-technologies-espace géographique"17**

Première Partie

**GEOMATIQUE ET GESTION DES TERRITOIRES, un usage spécifique des TIG selon les
échelles spatiales des compétences territoriales..... 63**

Introduction de la première partie..... 67

**CHAPITRE II : SIG ET INTERCOMMUNALITES, Historique des pratiques géomatiques
dans les intercommunalités de Brive-la-Gaillarde (1999-2009).....75**

**CHAPITRE III : SIG ET COLLECTIVITES TERRITORIALES, Pratiques géomatiques
contemporaines au Conseil Régional Limousin151**

Conclusion de la première partie 249

Deuxième partie

**GEOMATIQUE, SCREENING SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTAL A L'ATTENTION
DES GESTIONNAIRES DES TERRITOIRES - Emergence de pratiques géomatiques en
géo-épidémiologie environnementale au service d'une politique de Santé Publique
territorialisée 263**

Introduction de la seconde partie..... 267

**CHAPITRE IV : TIG ET DIAGNOSTICS TERRITORIAUX DE MALADIES
FREQUENTES - distribution infrarégionale des principaux cancers en limousin et
investigations environnementales sur les anciens sites d'exploitation d'uranium 275**

**CHAPITRE V : TIG ET DIAGNOSTIC TERRITORIAL D'UNE MALADIE RARE
La Sclérose Latérale Amyotrophique dans l'environnement limousin.....359**

Conclusion de la seconde partie..... 399

**CHAPITRE VI : BILANS ET PERSPECTIVES D'UNE GEOGRAPHIE DE
L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE - du rétrospectif au prospectif, essai géographique
d'une technoscience d'utilité sociale pour la gestion et le développement des
territoires.....415**

Conclusion générale.....447

Introduction générale

Le néologisme *Géomatique* est prononcé la première fois en 1968 par un géomètre et photogrammètre français, Bernard Dubuisson. Il souhaitait refléter ce que devenait la réalité de sa profession : « Géo » pour faire référence à la Terre, et « matique » pour souligner le recours à l'informatique ; soit le traitement informatisé de l'information géographique. Depuis les années 1970, la géomatique a évolué à partir d'interactions complexes d'acteurs du secteur privé comme du secteur public : communautés de chercheurs, institutions, collectivités territoriales, grandes entreprises, « start up », etc. En moins de 35 ans, ce secteur d'activité représentait un marché de 7 milliards de dollars (2/3 en services et 1/3 en logiciels)¹.

Les recherches universitaires sur cet objet d'étude contemporain se sont d'abord intéressées aux développements techniques et technologiques. Puis, les évolutions au sein des organisations sont devenues la préoccupation des sociologues pendant que les applications thématiques se multipliaient à destination d'utilisateurs très différents. Les géographes font partie de ce large spectre d'utilisateurs (dans les approches environnementales comme dans l'aménagement du territoire), et en 1995, un premier programme de recherche centré sur les implications des Systèmes d'Information Géographique (Sheppard, 1995) ouvre la porte à une nouvelle thématique de recherche : l'étude des enjeux sociaux des SIG, et dans ce domaine précis, l'étude des interactions « Homme – Technologie – Espace ».

L'approche présentée ici (par un géomaticien universitaire en exercice durant la décennie 2000-2010) vise une contribution objective à la connaissance des pratiques géomatiques des acteurs de la gestion territoriale, et à leurs contributions aux prises de décisions d'intérêt collectif. L'analyse de cette contribution dans les organisations territoriales (collectivités et intercommunalités), prolongée dans une seconde partie aux acteurs de la Santé Publique, a permis d'appuyer cette analyse critique de l'utilité sociale de la géomatique, missionnée pour une gestion optimisée et un développement maîtrisé des territoires.

¹ Chiffres de Daratech in *2000 GIS revenue*, cités par Bordin (2002)

De la géographie informatique de l'après guerre² à la géomatique interactive du XXIème siècle, le recours à la géolocalisation et à l'analyse spatiale s'est opéré aussi rapidement que l'informatique appliquée s'est banalisée pour répondre aux besoins des chercheurs, des décideurs, des aménageurs et aujourd'hui de chaque citoyen. Le nombre d'utilisateurs et les capacités d'applications thématiques n'ont fait que croître, notamment parmi les gestionnaires des territoires. Cette dissémination est à l'origine de notre réflexion portant sur les effets directs et indirects de ces technologies sur le développement et la gestion des territoires contemporains.

Définitions d'un néologisme et de deux acronymes : géomatique, TIG et SIG.

Avant d'engager notre réflexion, il convient de préciser quelques définitions : en premier lieu celle de la géomatique, mais aussi celles de deux acronymes fréquemment utilisés dans ce travail (TIG et SIG).

Le *Vocabulaire de la Géomatique*, publié par l'office de la langue française du Québec en 1993, intégrait déjà des dérivés comme *géomaticien* ou *géomaticienne* pour des spécialistes de la *géomatique*, comme *géomatiser* et *géomatisation* pour l'implantation de la géomatique dans un organisme ou une entreprise. La définition de la *géomatique*, quant à elle, constitue toujours le socle à partir duquel ces néologismes se déclinent.

« *Géomatique : Discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale et qui fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, à leur stockage, à leur traitement et à leur diffusion* ». (Bergeron, 1992).

La géomatique consiste donc à acquérir, produire, gérer et diffuser des informations spatialisées. En France, la définition parue deux ans plus tard au journal officiel, bien que plus concise, allait dans le même sens :

« *C'est l'ensemble des techniques de traitement informatique des données géographiques* »
(Journal officiel du 14 février 1994).

² Expression utilisée par Th. Joliveau, dans son HDR, *Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherches sur un usage géographique des SIG* soutenue en 2004

Limitée à l'espace géodésique, la géomatique couvre ainsi un ensemble de techniques telles que les levés cadastraux, la cartographie descriptive et thématique, la télédétection, la géostatistique, le traitement d'images, etc. Ces techniques sont mises en œuvre au moyen de Technologies de l'Information Géographique (TIG) qui constituent un ensemble de ressources dont le Système d'Informations Géographiques (SIG) permet la coordination.

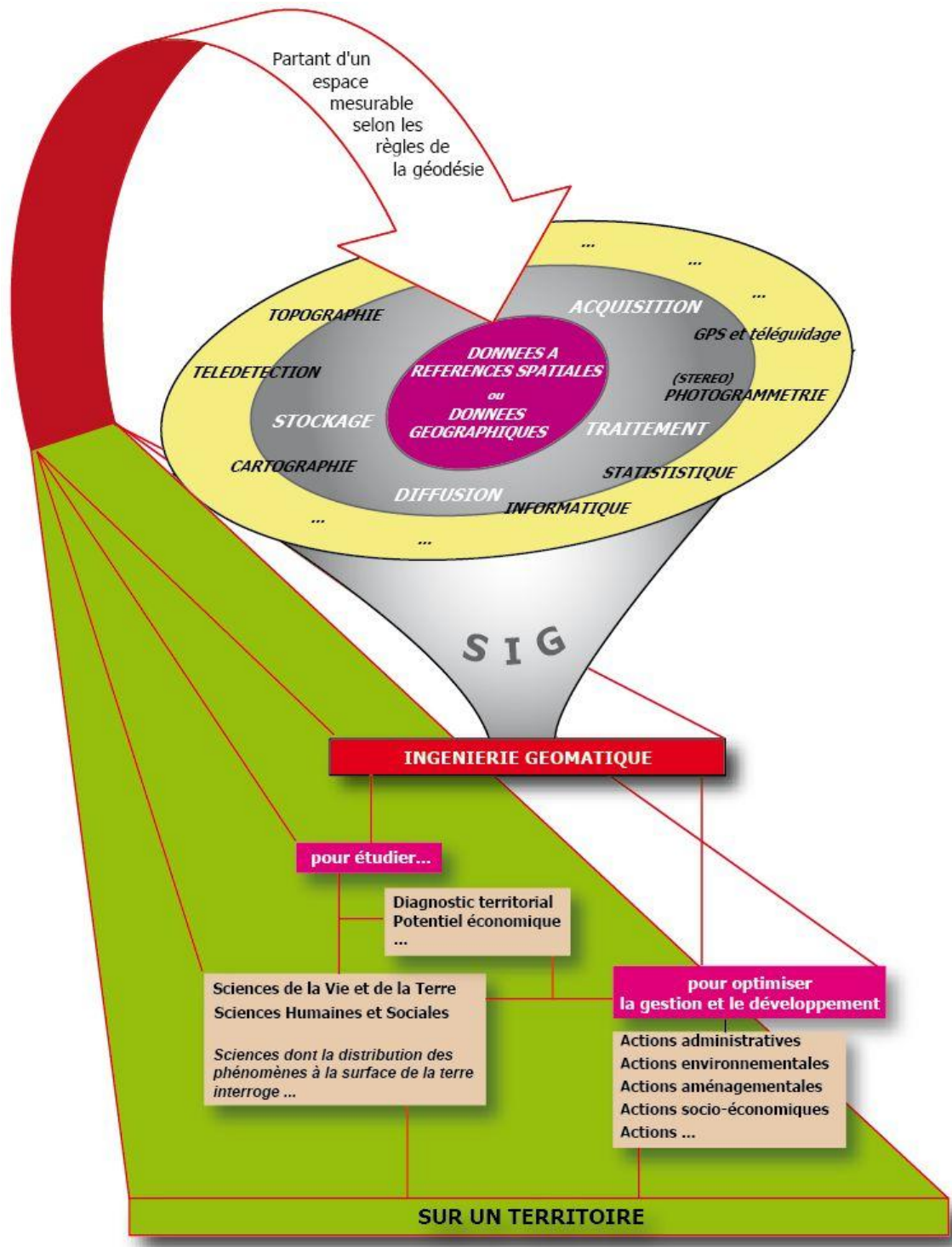


Figure 1 : Vue globale sur la géomatique

La figure 1 tente une représentation synthétique de la géomatique : elle est définie comme un ensemble de ressources techniques (les TIG) pratiquées dans le cadre d'une science de l'Information Géographique où le SIG joue un rôle de confluent (partie haute de la figure). L'ingénierie géomatique, objet d'étude de ce doctorat, est alors mise en œuvre sur un territoire, généralement pour l'étudier, l'administrer et/ou le gérer (partie basse de la figure). Comme le montre la figure 1, la place du SIG dans cet ensemble est structurante : il permet notamment de transformer des données à références spatiales (en haut) en informations géographiques au service d'une ingénierie transversale (au milieu) à la connaissance, la gestion, le développement et l'administration des territoires (en bas). Il assure ainsi la cohérence des ressources technologiques et des objectifs que se fixent les acteurs territoriaux.

«On définira un SIG comme l'ensemble des structures, des méthodes, des outils et des données constitués pour rendre compte de phénomènes localisés dans un espace spécifique et faciliter les décisions à prendre sur cet espace. Un SIG comprend quatre grandes composantes en interdépendance : une composante technologique, une composante informationnelle, une composante organisationnelle et une composante méthodologique qui permet la mise en cohérence des outils, des hommes, et de l'information pour répondre aux objectifs donnés ». (Joliveau 1996).

En insistant sur la structure, l'auteur souligne ici le rôle majeur de système, à la fois technologique et humain, où la dimension méthodologique du SIG assure la cohérence et la fonctionnalité de ce système optimisant la gestion territoriale par un groupe d'acteurs.

Très souvent structuré au sein d'une seule organisation, le SIG vise une connaissance optimale et partagée du territoire, et dont la finalité sert généralement un suivi territorialisé d'actions et, le cas échéant, une aide à la décision. Pour autant, le terme de territoire, bien qu'associé aux définitions de la géomatique dans la bibliographie spécialisée dès le début des années 1990, ne sera mis en avant dans les revues au large spectre de diffusion qu'à la fin de cette même décennie :

« La géomatique est un champ d'activités qui intègre, selon une approche systémique, l'ensemble des moyens d'acquisition et de gestion des données à référence spatiale requis pour effectuer les opérations scientifiques, administratives, légales et techniques dans le cadre du processus de production et de gestion de l'information sur le territoire ». (P. Gagnon et D.J. Coleman., 1990 - Définition reparue dans le volume 53 de la revue GEOMATICA en 1999)

Cette définition ajoute la notion d'approche systémique : la géomatique est intégrée au sein d'une organisation sous la forme d'un système (le SIG) prenant en compte les données, les équipements, les logiciels, les techniciens et ingénieurs, le cadre physique ainsi que toutes les procédures qui coordonnent des actions territorialisées. Même si la géomatique est encore très souvent identifiée comme une technologie par une large majorité des utilisateurs, les chercheurs contemporains s'interrogent autant sur les impacts sociaux³ de la géomatique que sur les modalités de développement de nouvelles fonctionnalités techniques (téléguidage GPS, script et algorithme d'analyses spatiales, etc.). Parmi les multiples ouvrages du *Traité de l'Information Géographique et de l'Aménagement du Territoire* (le traité IGAT⁴), la série *Géomatique* constitue un état de l'art des SIG et de leurs évolutions prévisibles. A l'égard de la communauté scientifique, elle trouve une définition tout à fait pertinente. A l'égard des principaux utilisateurs, c'est à dire les acteurs territoriaux, elle peut être déclinée de la façon suivante : *la géomatique est la discipline des SIG visant un usage des TIG adapté aux besoins d'une ou de plusieurs organisation(s) pour la connaissance, la gestion et/ou la planification des territoires.*

Une réflexion à posteriori, dans le parcours d'un géomaticien universitaire

Les questionnements de ce doctorat de géographie trouvent leurs origines dans une carrière de géomaticien qui a débuté il y a environ quinze ans. Après deux bureaux d'études, une association, et une collectivité territoriale, la pratique de la géomatique depuis douze années dans un service universitaire devant répondre aux sollicitations de plusieurs équipes de recherches (en géographie, histoire, sociologie, littérature et sémiotique) permet de rassembler un large spectre d'études de cas sur la contribution de la géomatique à l'avancée des connaissances. Dans ce doctorat, les programmes de recherches qui ont permis d'engager une réflexion sur les usages de la géomatique ont été assurés au sein l'UMR CNRS 6042

³ *Les enjeux sociaux des Systèmes d'Information Géographiques* (Roche, 1999) et *Systèmes d'Informations Géographiques, Pouvoir et organisations. Géomatique et stratégies d'acteurs.*(Pornon, 1998), constituent deux jalons épistémologiques de ce point de vue.

⁴ *Le traité d'Information Géographique et Aménagement du Territoire répond aux besoins de la communauté de la géomatique et de l'analyse spatiale de disposer d'un fonds commun de connaissances interdisciplinaires. Il ouvre le champ à son élargissement à la fois vers l'amont, du côté des diverses modélisations spatiales, et vers l'aval en direction d'applications significatives. Ils s'organisent en trois domaines : aspects fondamentaux de l'analyse spatiale, géomatique, aménagement et gestion du territoire.* (Extrait du 4^{ème} de couverture commun à l'ensemble des ouvrages du traité édité chez Hermès).

GEOLAB. Ce laboratoire de géographie environnementale, bi-site (Clermont Ferrand et Limoges), répond à de nombreux appels à projets scientifiques où la géomatique tient très souvent une place importante. De même, le laboratoire est fréquemment sollicité pour des expertises ou des conduites d'études par les acteurs territoriaux des régions où il est implanté (collectivités territoriales, Parcs Naturels Régionaux, administrations, etc.)

Parmi ces multiples expériences conduites dans le cadre de contrats (ou programmes) de recherches, une large majorité des projets ne visait pas la constitution d'un SIG de concertation mais plutôt la mise en œuvre des ressources technologiques les plus avancées pour réaliser des modélisations géographiques sur des problématiques environnementales (en 2 ou 3 D). De plus en plus fréquemment, ces collaborations intègrent une dimension sociale : d'abord par la mesure de la participation de l'homme au processus étudié, et ensuite par l'appréciation des enjeux pour le développement des territoires concernés. Par exemple, lors d'un contrat de recherche visant à travailler sur l'identité insulaire de l'archipel de Zanzibar⁵, une cartographie diachronique de l'usage des sols (analyse d'images satellites, d'ortho photographies, de cartes anciennes, etc.), et un « zoom géomatique » couplé à des enquêtes de terrain ont permis de mettre en évidence un modèle explicatif des ségrégations socio-spatiales dans les extensions spatiales contemporaines de l'agglomération zanzibari.

Ce type de travaux visant à dévoiler ce qui n'a pas encore été remarqué par d'autres chercheurs est aussi fréquent en dehors du champ de la géographie : l'analyse de l'hétérochronie spatiale dans le royaume de France de la circulation de l'information concernant la mort d'Henri IV entre le 14 et le 25 mai 1610⁶ en est une belle illustration.

S'il serait très difficile de décrire la diversité des thématiques pour lesquelles nous avons eu recours aux TIG, un point reste commun à l'ensemble de ces travaux : mesurer les interactions et les discontinuités spatio-temporelles pour mettre en évidence des structures spatiales explicatives d'un phénomène ou d'un processus passé, en cours ou à venir.

Le plus souvent, dans les recherches appliquées faisant appel à la géomatique, il est incontestable que la première utilité (quel que soit la thématique) est de produire des représentations spatiales facilitant la compréhension d'un territoire, généralement dans le

⁵ dont la valorisation a donné lieu à l'ouvrage *L'autre Zanzibar, géographie d'une contre insularité* (dir. Bernardie -Tahir, 2008)

⁶ analyse spatiale présentée dans l'ouvrage *La grande peur de 1610, Les français et l'assassinat d'Henri IV* (M. Cassan, 2010)

but de la communiquer, pour l'appui d'une démonstration objective, et parfois pour engager une concertation. Dans les travaux les plus avancés, ces représentations sont accompagnées d'une modélisation géographique permettant d'appréhender les géodynamiques en cours (Guermond, 2007). Dans ce contexte professionnel de pratiques géomatiques d'intérêt scientifique, les expériences qui ont motivé notre réflexion ne relèvent cependant pas du niveau technologique nécessaire à la modélisation géographique, mais plus certainement à l'identité des acteurs en attente de résultats, et surtout aux usages qui en sont ensuite faits.

Ingénierie géomatique, gestion territoriale et prises de décisions

Parmi les travaux réalisés dans un laboratoire de recherche d'une université ancrée dans son territoire, une partie est très souvent consacrée à des contrats de recherche avec les collectivités et intercommunalités de la région. Dans notre cas, nous avons collaboré à plusieurs reprises avec des acteurs territoriaux qui doivent partager et accepter une représentation spatiale commune, d'autant que cette dernière doit optimiser les prises de décisions collectives (le plus souvent d'une organisation, mais il devient également fréquent de traiter des problématiques inter-organisationnelles).

Dans ce contexte d'aménagement du territoire, l'interactivité entre les domaines politique, législatif et technique est optimisée par l'usage de TIG et il est notamment admis que l'Information Géographique joue systématiquement le rôle d'une plateforme commune, d'un langage transversal entre les différents acteurs. Lorsqu'elle s'accompagne de simulations et/ou de scénarios, elle crée même de nouveaux « espaces » de concertations. **Par conséquent, les interrogations afférentes aux usages des Informations Géographiques et aux pratiques géomatiques sur un territoire vont bien au-delà de la capacité à représenter l'espace géographique qui lui correspond. Elles visent à le diagnostiquer, l'analyser, définir une stratégie de développement spécifique, et surtout mettre en mouvement un système d'acteurs défini dans le cadre de projets et de suivis d'actions territorialisées.**

Dans le domaine très dynamique de la géomatique, les évolutions techniques et technologiques sont bien plus rapides que l'appropriation pratique par les acteurs d'un territoire. La rapidité de mise sur le marché de progiciels est plus souvent motivée par la valorisation de nouvelles fonctionnalités que par une demande des utilisateurs déjà largement satisfaite par la grande réactivité de ce domaine d'activité.

A cet égard, la géomatique s'apparente à une *technoscience*⁷ qui s'exprime à travers des dispositifs capables de rendre opérables des traitements automatisés bien avant que la majorité des gestionnaires du territoire imaginent comment l'inscrire dans leur stratégie de développement. Les expériences de PPGIS (Participation Public Geography Information System)⁸ montrent bien que les innovations technologiques, notamment grâce à internet, peuvent créer des synergies où la technologie vise directement l'appropriation de projets par des groupes d'acteurs en fixant le cadre collectif des concertations. Certains travaux sur les SIG participatifs (Roche, 2007 et 2008 ; Turkucu et Roche, 2008) indiquent une progression rapide de ces nouvelles pratiques de concertation et de décision collective. Cependant, ces expériences ne s'opèrent encore que dans des territoires spécifiques (à ce titre, les pays du sud sont fréquemment des terrains de recherches privilégiés car le taux de participation est élevé, mais les modèles sont alors difficiles à transposer). Les exemples de PPGIS incluant les citoyens sont étonnamment plus rares dans les pays occidentaux (et presque exclusivement réalisées sur des technologies WebMapping). Pour la France, certains auteurs parlent de démarches quasi-inexistantes : même si quelques expériences sont tentées, elles restent marginales et expérimentales (Peribois, 2007).

Dans les recherches technologiques afférentes à l'aide à la décision, les Systèmes Multi-Agents (SMA) sont les plus connus. En simulant des scénarios prenant en compte les géodynamiques naturelles et anthropiques (en fonction de différents modes de gestion par exemple), ils permettent de modéliser des systèmes hétérogènes, complexes, non linéaires et évolutifs, et de faire apparaître une intelligence et des capacités qui sont différentes et globalement supérieures à celles des agents qui les composent. Ces recherches, même si elles sont parfois appliquées en géographie, visent surtout à étudier le processus d'intelligence artificielle (Guessoum, 2009). De nombreux outils destinés à l'aide à la décision existent et sont généralement conceptualisés sous la forme de sigle : le plus pragmatique que nous ayons trouvé dans la bibliographie spécialisée est le SAD (Systèmes d'Aide à la Décision), qui peut également être décliné en SIAD (pour un Système Interactif d'Aide à la Décision). Quelque soit le sigle utilisé, la plupart de ces travaux sont expérimentés (quand ils le sont) sur des groupes restreints d'acteurs et c'est le développement technologique qui est au cœur

⁷ Cf. définition de Balandier (2001) citée dans l'introduction du chapitre I.

⁸ Les PPGIS relèvent des technologies de webmapping permettant à un groupe (restreint, ou élargi à l'ensemble des internautes) d'être acteurs du Système d'Information Géographique.

des questionnements. Par ailleurs, il n'est pas (encore) envisageable d'assister à une généralisation de ces systèmes dans l'ensemble des organismes où exercent des acteurs territoriaux, qui la plupart du temps, restent donc aux mains des chercheurs-initiateurs.

Aménagement du territoire et géo-épidémiologie environnementale en Limousin

Le Limousin, région considérée comme sous équipée « géomatiquement » dans le portrait de la France métropolitaine dressé par Stéphane Roche en 1999 ou celui dressé par Eric Langlois en 2006, a constitué le cadre régional au sein duquel les actions-recherche ont été menées. Dans ce doctorat, elles sont présentées dans un raisonnement conduit à postériori, et qui vise principalement un recul suffisant pour mener une analyse critique de l'efficacité de la géomatique à l'égard des objectifs fixés par les commanditaires.

Notre réflexion a d'abord porté sur l'émergence des TIG au sein des collectivités territoriales dont les pratiques géomatiques contemporaines s'appuient sur des expériences éprouvées. Ces gestionnaires territoriaux se sont généralement équipés au début de la décennie 2000 et disposent aujourd'hui de SIG opérationnels modelés spécifiquement sur leurs compétences territoriales : c'est ce que nous avons tenté de vérifier pour une Communauté d'Agglomération, un Pays et un Conseil régional.

Nos actions-recherche se prolongent ensuite (dans une approche prospective) sur un axe de recherche incontestablement territorial : la géo-épidémiologie environnementale. En effet, si le thème *Santé et Environnement* a alimenté de nombreux appels à projets de la recherche scientifique nationale ces dernières années, la même association sémantique a également servi à désigner quelques groupes de travail dans des cadres de concertations d'acteurs territoriaux. Les chercheurs en épidémiologie, qui ont intégré les TIG dans leurs outils et méthodes depuis une dizaine d'années, produisent des informations géographiques utiles à la connaissance des territoires, mais jusqu'alors limitées à une mission d'alerte et de veille sanitaire. La création des Agences Régionales de Santé en France (2009-2010) ouvre les perspectives d'une approche territoriale de la santé : ces nouveaux acteurs devront prendre en compte les résultats des travaux d'une géo-épidémiologie socio-environnementale pour tenter de mettre en place une politique de Santé Publique géographiquement adaptée aux spécificités régionales et infra régionales.

Nous souhaitons nous rapprocher le plus possible des pratiques géomatiques des acteurs avec lesquels nous avons collaboré. Nos études de cas ont ainsi été conduites sur la base d'actions-recherche intégrant des TIG communément utilisées, en privilégiant les collaborations les plus actives : un cadre de concertation selon une fréquence régulière fut une démarche commune à l'ensemble des actions-recherche, qui peuvent donc être qualifiées d'expériences interprofessionnelles participatives.

S'interroger sur les usages contemporains de la géomatique a donc d'abord consisté à étudier les modalités et les effets du recours systématique et systémique d'un groupe d'acteurs territoriaux aux Technologies de l'Information Géographique.

L'objectif principal a consisté à étudier, grâce aux outils et méthodes géomatiques, la contribution des représentations spatiales pour l'aide aux décisions d'intérêt collectif et territorial. *In fine*, ce doctorat vise à souligner les faits marquant dans l'évolution des pratiques géomatiques chez les gestionnaires des territoires au cours de la dernière décennie, et à actualiser les connaissances sur la contribution des TIG (ou d'un SIG au sein d'une organisation) à la compréhension d'une problématique territoriale et à l'accompagnement du processus décisionnel intra et/ou inter organisationnel.

Les outils et méthodes présentés ici pour comprendre une problématique territoriale et tenter d'y apporter des réponses sont le reflet de consensus d'acteurs d'origines professionnelles différentes, dans des concertations territoriales représentatives des préoccupations des gestionnaires durant la décennie 2000. D'abord rétrospectif puis prospectif, ce travail présenté sous la forme d'une thèse universitaire en géographie traite donc de ces Technologies de l'Information Géographique comme de médias entre l'espace géographique et les prises de décisions des acteurs territoriaux, et s'adresse donc à l'ensemble des acteurs attentifs aux inégalités géographiques afférentes à leurs compétences et/ou préoccupations territoriales.

GEOMATIQUE, GESTION TERRITORIALE ET AIDE A LA DECISION

Une synergie « acteurs-technologies-espace géographique »

*« [...] la construction d'informations peut être considérée comme plus importante que l'information elle-même, tout comme la prise de décisions a plus d'importance que ses résultats. La civilisation occidentale moderne ayant fait du choix intelligent et de la rationalité, des valeurs centrales, il n'est pas étonnant que la décision et l'information soient des lieux et des enjeux de démonstration de compétences, de quête de légitimité pour les décideurs comme pour les organisations » (Martinet, préface de l'ouvrage *Décisions et Organisations*, 1991)*

Sommaire du chapitre I

GEOMATIQUE, GESTION TERRITORIALE ET AIDE A LA DECISION

une synergie « acteurs-technologies-espace géographique »

Introduction du chapitre I	21
I. Les missions de la géomatique : de la gestion territoriale aux prises de décisions concertées	22
A. Géomatique expérimentée et géomatique innovante	23
1. Géomatique expérimentée de la gestion territoriale : quelles spécificités se dégagent des SIG selon les échelles spatiales des territoires de compétences ?	23
2. Géomatique innovante d'intérêt scientifique (ex : santé publique) : atouts et verrous d'une production d'information géographique utile aux gestionnaires des territoires	26
B. Etudes de cas en Limousin	30
1. L'usage expérimenté des TIG par les gestionnaires du territoire : intercommunalités et collectivités territoriales.....	30
2. Prospection sur un usage géomatique d'intérêt territorial : produire des informations géoépidémiologiques utiles aux acteurs de la Santé Publique en région et aux gestionnaires des territoires	34
II. Contexte scientifique : sociologie et géographie des SIG	36
A. Le contexte sociologique dans l'étude des SIG	38
1. L'étude des usages de la géomatique : une approche dominée par la sociologie.....	34
2. Connaître la culture géomatique des acteurs territoriaux.....	40
B. La géographie de l'Information Géographique	43
1. Approche spatio-temporelle dans la construction sociale des SIG	43
2. Répartition spatiale des systèmes de production et de consommation de l'IG	44
III. Méthodologie : actions-recherche et cadre de concertations.....	45
A. Une lecture théorique de la contribution des TIG pour la gestion et les prises de décisions afférentes à la gestion territoriale	46
1. Vision théorique d'un SIG dans un Système d'Information (SI)	46
2. Le passage des TIG au SIG	47
3. SIG, cycle de gestion territoriale et prise de décision	50
B. La recherche-action, de la théorie à la pratique.....	53
1. L' action-recherche, une démarche « critiquable »	53
2. Les 5 étapes d'une méthodologie adaptée à chaque action-recherche	55
Conclusion du chapitre I	59

Introduction du chapitre I

Parmi les définitions de SIG proposées dans la littérature spécialisée, celle de l'économiste Michel Didier, rédigée dans une étude réalisée à la demande du Conseil National de l'Information Géographique (CNIG) est probablement celle qui a été la plus publiée :

« Un SIG est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision ». (Didier, 1990).

Concise et facilement mémorisable, cette définition est une référence durant la décennie 1990-2000 pour tous les néo-praticiens. Depuis 2000, le rôle prépondérant des jeux d'acteurs territoriaux lui confère un caractère partiel : de l'outil au système de concertation et de coordination de jeux d'acteurs territoriaux, la définition de la géomatique (et plus particulièrement celle des SIG) doit désormais intégrer les complexités inhérentes au concept du territoire, considérant notamment les jeux d'acteurs qui l'animent.

L'étude de la géomatique, en tant que discipline des SIG, se focalise désormais sur les dimensions organisationnelles plus ou moins développées qui accompagnent le système technologique. En considérant la part jouée par la géomatique dans ce système complexe, nous pouvons la qualifier de technoscience :

« une activité orientée vers la production de nouvelles connaissances au moyen d'une traduction technologique des acquis sans cesse accumulés par l'activité scientifique, la conversion non différée de chaque découverte en outils plus performants, en moyens d'actions nouveaux et bénéfiques » (Balandier, 2001).

Par conséquent une *technoscience* inquiète et interroge, légitimement car elle interagit avec le territoire par une *conversion non différée*. Pendant que les géographes s'interrogeaient sur les enjeux sociaux des SIG et sur l'intégration de ces nouvelles technologies dans les prises de décisions de la gestion environnementale d'un territoire (Joliveau, 2004), l'approche sociologique analysait les impacts dans les organisations par l'étude des relations socioprofessionnelles et l'émergence de nouveaux pouvoirs liés à l'usage d'Informations Géographiques dans un Système d'Information (Pornon, 1998 et 2006).

Après la présentation de notre problématique afférente à la contribution de la géomatique dans la gestion et les prises de décision dans le territoire Limousin, nous revenons sur le contexte scientifique dans lequel s'inscrit cette recherche qui privilégie une logique territoriale plutôt qu'une étude des acteurs, en d'autres termes une problématique géographique plutôt que sociologique. Ce premier chapitre (introductif) se termine sur la présentation de la méthode utilisée qui s'appuie sur des actions-recherche structurées, et dont ce doctorat constitue la synthèse par leurs analyses critiques détaillées réalisées à postériori.

I. Les missions de la géomatique : de la gestion territoriale aux prises de décisions concertées

« La géomatique est le champ des activités de sciences et de génie qui requièrent l'application des technologies informatiques et de communication à la collecte, l'entreposage, l'analyse, la présentation, la distribution et la gestion de l'information à référence spatiale de façon à appuyer la prise de décisions ». (ACEG/ACSGC, 1990)

Grâce à une intégration progressive des TIG depuis une vingtaine d'années dans les métiers du territoire⁹, les démarches géomatiques sont de mieux en mieux organisées, structurées, coordonnées pour deux raisons principales : tout d'abord, les spécialistes commencent à avoir un recul suffisant pour mettre en avant le rôle de composante organisationnelle du SIG, et ensuite l'entrée de « non techniciens » (comme acteurs du système) élargit son domaine de compétences notamment à la prise de décision.

L'implication des décideurs (et particulièrement des élus dans les collectivités) se généralise, avec le même dynamisme que les TIG se démocratisent. Et au final, les SIG intéressent tout autant les techniciens qui les manipulent, les chefs de service qui en mesurent mieux le potentiel depuis que les interfaces simplifiées les ont rendus accessibles, que les élus qui se familiarisent avec les représentations spatiales sur lesquelles ils s'appuient pour appréhender une problématique territoriale.

⁹ *Les métiers du territoire*, in *Aspects organisationnels des SIG* (Chevalier, 2004)

Cet état des lieux est rédigé à l'image des lignes éditoriales de nombreuses lectures de revues spécialisées sur la géomatique : une promotion constante pour une technologie rarement remise en cause par ses utilisateurs. Notre réflexion consiste justement à critiquer objectivement les réalités observées sur le terrain, et dans notre cas, en Limousin.

A. Géomatique expérimentée et géomatique innovante

Nous avons choisi de traiter notre sujet auprès de deux groupes d'acteurs distincts. En premier lieu, les collectivités territoriales et les EPCI¹⁰ car ils ont été les premiers, et sont probablement les plus nombreux à mettre en place ces systèmes de gestion et d'aide à la décision territoriale. Dans un second temps, nos actions-recherche ont permis de collaborer avec un groupe d'acteurs spécifiques dont les préoccupations territoriales constituent des enjeux majeurs pour la gestion et le développement d'un territoire : les systèmes de surveillances sanitaires, c'est-à-dire les organismes en charge d'enregistrer en continu la survenue de cas de maladies au sein de la population générale. Ces derniers sont généralement absents des concertations et des réflexions des gestionnaires de la santé publique du territoire régional où ils sont pourtant implantés. L'exploitation de leurs bases de données par des techniques géomatiques à visée géo-épidémiologique conduit à des résultats d'intérêt scientifique qui s'interprètent comme des diagnostics à l'attention des acteurs territoriaux, dans une thématique « Santé-Environnement » qui semble encore souffrir d'une absence de gouvernance territoriale en 2010.

1. Géomatique expérimentée de la gestion territoriale : quelles spécificités se dégagent des SIG selon les échelles spatiales des territoires de compétences ?

Depuis le début des années 2000, les missions d'inventaires et d'observatoires des équipements, infrastructures et/ou usages des sols se sont très largement organisées et structurées autour de SIG, notamment pour la réalisation d'états des lieux et de diagnostics territoriaux : comment ces technologies se sont-elles intégrées dans les pratiques professionnelles des différents acteurs de la gestion territoriale ? Comment s'adaptent-elles aux compétences spécifiques des utilisateurs au sein de la collectivité qui les met en œuvre ?

¹⁰ EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

Et enfin, comment la sphère décisionnelle utilise-t-elle les représentations spatiales produites par les services techniques de la collectivité ? Si ces interrogations se posent pour chaque institution avec laquelle nous avons collaboré, les réponses apportées diffèrent d'abord en fonction de la nature des compétences territoriales.

Existe-t-il un lien direct entre les compétences territoriales, l'étendue du périmètre géographique d'exercice, et la nature des informations géographiques qui structure le SIG d'une collectivité ? A priori la réponse semble évidente, et pourtant : le Conseil régional Rhône-Alpes (par exemple) fut parmi les premières collectivités à négocier une licence étendue avec l'IGN au début des années 2000 afin de proposer à toutes les communes de la région, un accès gratuit à leurs cadastres numériques¹¹ *via* son géoportail. Pourquoi un Conseil régional s'implique-t-il ainsi dans la gestion de l'information géographique afférente au foncier ?

Dans le même esprit, le Conseil général de Charente Maritime a très tôt (avant 2000) mis à disposition d'organismes divers installés sur son territoire (EPCI, associations, etc.), une couverture d'ortho-photographies aériennes à très haute résolution (pixel inférieur à 50 cm). Ces exemples, qui peuvent apparaître incongrus, rappellent surtout que le SIG d'une collectivité a un rôle stratégique à côté de son rôle opérationnel : il est parfois une *vitrine technologique*¹², parfois le *lien symbolique information-décision*, et presque toujours revendiqué comme un système de partage de la connaissance du territoire et une aide à la décision (qu'elle soit intra ou inter organisationnelle). Au final, la part de l'activité géomatique dédiée au rôle *opérateur* consiste principalement à accompagner l'exécution des actions (ou la réalisation d'aménagements) par la production de cartographie descriptive ou traduisant le bilan des actions.

Les grandes municipalités, qui ont mis en place leur SIG dès les années 1990-1995, furent parmi les premières collectivités locales à intégrer les TIG dans leurs pratiques professionnelles : d'abord pour répondre aux besoins de productions et de gestion de plans règlementaires (cadastre, Plan d'Occupation des Sols, etc.), et ensuite pour exploiter leur Base de Données Urbaine (BDU)¹³. Depuis 2000, les SIG se sont généralisés au sein des

¹¹ Présenter au format PCI vecteur, accompagné des Fiches de Propriétés de la DGI

¹² En italique : exemples de rôles types témoignant des rationalités multiples des SIG (Roche, 2004)

¹³ Les Base de Données Urbaine (BDU) sont les premières bases de données exhaustives exploitées dans un SIG avec des objectifs opérationnels dès les années 1990 (gérer l'éclairage public par exemple).

collectivités territoriales (Conseil général, Conseil régional) et des intercommunalités (Pays, Communautés d'Agglomérations, Communautés de Communes). La diversité de leurs compétences territoriales et les échelles de compétences ont conduit ces structures à concevoir des SIG dont les missions se révèlent plus complexes que la gestion du parcellaire à visée de planification et d'administration foncière.

Les collaborations que nous présentons dans ce travail concernent deux collectivités correspondant à deux échelles de compétences territoriales distinctes : la Communauté d'Agglomération de Brive pour des réflexions à grande échelle spatiale, notamment dans des scénarios d'opérations de préemption foncière, et la Région Limousin pour des investigations visant une compréhension globale du territoire régional sur des problématiques généralement difficiles à appréhender (migrations résidentielles ou professionnelles, hebdomadaires ou quotidiennes, à l'échelle régionale et locale).

Les différences de taille des collectivités ne s'expriment pas qu'au niveau du territoire de compétences : la promiscuité professionnelle d'une structure intercommunale de 50 agents (la communauté d'agglomération) permet d'initier des démarches participatives impliquant 15 élus-décideurs ; ce qui se révèle moins évident dans une collectivité de 50 conseillers régionaux, qui siègent, de façon très inégale dans une commission plénière, une commission permanente et /ou l'une des multiples commissions internes (aussi appelées commissions thématiques) ayant chacune une fréquence différente. Les modalités de communication entre les services techniques et la sphère décisionnelle de chaque collectivité diffèrent et comme nous le verrons, particulièrement à l'égard d'un questionnement sur la contribution des TIG aux prises de décisions territoriales. Ainsi, qu'il s'agisse du fonctionnement interne de la collectivité, de l'étendue de son périmètre d'actions comme des échelles spatiales d'interventions, notre investigation s'inscrit dans deux contextes : des actions-recherche conduites dans un territoire de proximité (une intercommunalité) sur des problématiques de politique locale, et des actions-recherche sur l'accompagnement d'une politique de gestion d'un vaste territoire d'intérêt général (la Région).

Le point commun entre les deux collectivités est qu'elles affichent un processus décisionnel concerté dans des conseils communautaires et/ou des commissions thématiques, où les représentations spatiales produites par les TIG sont fréquemment utilisées. Au-delà de cette

réflexion sur la contribution de la géomatique au processus décisionnel, nous portons également une attention particulière sur les modalités d'appropriation et d'usages différenciés du SIG de chaque collectivité, et sur les missions assignées et assurées par ces technologies depuis le début des années 2000.

2. Géomatique innovante d'intérêt scientifique (ex : santé publique): atouts et verrous d'une production d'information géographique utile aux gestionnaires des territoires

Depuis le début des années 2000, les productions cartographiques de la distribution géographique des maladies (qui restent bien plus nombreuses à destination de la communauté scientifique qu'à l'attention des gestionnaires des territoires) s'est quelque peu démocratisée. Les chercheurs, en publiant des atlas sous couvert d'une valorisation de leurs travaux scientifiques vers un public plus large, participent activement à la démocratisation des TIG car ils offrent systématiquement une démonstration de l'intérêt d'une lecture avisée des géodynamiques en cours dans un territoire défini. Pour le sujet qui nous concerne, un ouvrage réalisé par un laboratoire de recherche en géographie¹⁴ a largement participé à transmettre une culture des représentations spatiales sur un sujet encore peu familier des gestionnaires des territoires : *l'Atlas de la Santé en France* composé (à ce jour) de deux volumes, *Les causes des décès* (vol. 1, Salem, Rican, Jougla, 1999) et *Comportements et maladies* (vol.2, Salem, Rican, Kürzinger, 2006).

La cartographie des enjeux de santé publique afférents à l'offre de soin est certainement plus fréquente et plus utilisée. Cependant, la mesure des inégalités géographiques traitant des décès ou des maladies semble faire son chemin plus lentement, doutant encore qu'elle peut permettre de mieux accompagner les politiques de Santé Publique dans un territoire. Cette thématique a par exemple été intégrée dans *l'Atlas de la santé en île de France*, un atlas régional entièrement produit par des organismes d'intérêt public (DRASSIF, IUARIF, 2005).

¹⁴ L'équipe d'accueil *Laboratoire Espace, Santé et Territoire* installée à l'Université de Paris X Nanterre
http://www.u-paris10.fr/02140039/0/fiche_pagelibre/&RH=rec_lab

Cette géographie encore peu pratiquée concerne directement les gestionnaires des territoires car elle constitue une avancée certaine dans les connaissances utiles à leurs actions contemporaines, mais surtout pour celles des années à venir. Les réflexions sur la notion de besoins de santé des populations en géographie peuvent être regroupées en trois types de causes à circonscrire : les causes liées aux comportements individuels, les carences des systèmes de soins, et les atteintes anthropiques à l'environnement (Vigneron, 2002).

« En effet, on sait depuis très longtemps qu'il n'existe qu'un tout petit nombre de maladies où l'hérédité est tout et l'environnement rien. Toutes les autres maladies ont une composante environnementale, souvent prépondérante. Il est en conséquence nécessaire que la question des besoins de santé devienne une préoccupation de l'aménagement du territoire. » (Ibid.)

Il semble aujourd'hui que ce rapprochement entre la gestion des besoins de santé et la gestion des territoires soit politiquement acté : les Agences Régionales de Santé ont été créées (en juillet 2009) dans l'objectif de rationaliser les moyens et de mutualiser les ressources sanitaires. En premier lieu, elles ont permis la fusion des grands organismes opérationnels dès le 1^{er} avril 2010 (DRASS, DDASS, ARH, URCAM, AM)¹⁵. Force est de constater que les acteurs concernés se sont principalement consacrés à l'offre de soins et à sa prise en charge d'un point de vue social et/ou financier. De nombreuses autres institutions sont également présentes dans les instances de concertations¹⁶ : le Conseil Economique et Social (CES), l'Union Régionale des Médecins Libéraux (URML), le Comité Départemental d'Education pour la Santé (CODES), des associations, des professionnels du secteur sanitaire et social, des syndicats de médecins, dentistes, pharmaciens, etc.

Les collectivités territoriales s'investissent également à différents niveaux : des actions du domaine socio-sanitaire (famille, handicap, personnes âgées, petite enfance, insertion, etc.) et plus récemment dans l'installation de Maisons de Santé (financement de locaux et mise à disposition permettant à plusieurs praticiens libéraux d'exercer en un même lieu). Pour un Conseil Régional, ses possibilités d'interventions dans le domaine de la santé ont été

¹⁵ DRASS et DDASS (les représentations de l'état) : Direction Régionales et Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales, ARH : l'Agence Régionale de l'Hospitalisation, URCAM : l'Union Régionale des Caisses d'Assurance Maladie, et l'Assurance Maladie.

¹⁶ CRS : Conférence Régionale de la Santé et MRS : Mission Régionale de Santé

consolidées par la loi du 13 août 2004¹⁷ et peut aujourd'hui participer à titre expérimental au financement et à la réalisation d'équipements sanitaires par exemple.

Sur la thématique « Santé-Environnement », il n'existe pas réellement de compétences territoriales (engageant des actions et leurs gestions à l'échelle régionale) exprimées directement en ces termes parmi les différents acteurs territoriaux de ce large panorama. Nous parlons d'absence de surveillance sanitaire et non de *veille* : il ne s'agit donc pas de traiter la question d'un *signalement*¹⁸ ou d'une alerte sanitaire, mais de l'absence d'un mode de gestion territoriale adapté aux enjeux de santé publique spécifiquement liés aux inégalités géo-socio-environnementales du territoire. Les Agences Régionales de Santé ont intégré cette nouvelle « entrée » en créant un service « santé-environnement » pour lequel tout est à faire¹⁹. En Limousin, le pôle stratégie²⁰ de l'ARS a mis en place un calendrier pour la réalisation d'un nouveau *Plan Stratégique Régional de Santé* (PSRS) pour la fin de l'année 2010. Dans une démarche de démocratie participative, le projet régional de santé est le produit de plusieurs groupes de travail (composés de représentants de la société civile et de représentants de l'ARS) selon deux déclinaisons : les groupes *thématiques* et les groupes *territoires*. Incontestablement, l'approche territoriale de la santé en France est amorcée. **Cependant, quels outils et quelles méthodes utiliser pour traiter des relations entre Santé Publique et Environnement à l'échelle régionale ?** La demande sociale est forte : les deux priorités exprimées en décembre 2010 pour le PSRS sont de *préserver les milieux de vie pour réduire les inégalités de santé* et *mieux connaître les milieux de vie pour prévenir, éduquer et de faire émerger une conscience citoyenne en santé environnementale*.

Jusqu'en 2010, les productions cartographiques afférentes à une lecture géo-épidémiologique (de l'ORS²¹, l'URCAM, etc.) étaient rares, et surtout elles n'exploitaient que très rarement les

¹⁷ Loi relative aux libertés et responsabilités locales du 13 août 2004.

¹⁸ Terme utilisé pour désigner l'instruction d'un dossier sanitaire présenté au préfet, suite à une déclaration d'un nombre de cas pathologiques anormalement élevé (réel ou perçu) par différents types d'acteurs (associations, acteurs sanitaires, collectivités territoriales, etc.)

¹⁹ le directeur du pôle de Santé Publique de l'ARS (Jean Jouaen) est également directeur de ce service.

²⁰ Dirigé par Mr. Laleu, avec lequel nous avons conduit deux entretiens. Le développement de l'axe de recherche présenté dans ce doctorat a été considéré comme un enjeu majeur permettant d'adapter la politique d'offre de soins aux inégalités géographiques des pathologies observables dans le territoire.

²¹ Observatoire Régional de la Santé

données épidémiologiques produites par les systèmes de surveillance sanitaire présents dans la région. Cette absence de valorisation d'informations épidémiologiques (produites localement) dans les concertations mettant en place une politique publique d'intérêt collectif à l'échelle régionale est à l'origine de notre réflexion prospective sur les nouvelles contributions des TIG au bénéfice de la gestion territoriale : la surveillance sanitaire territorialisée. Les résultats scientifiques afférents aux phénomènes épidémiologiques (notamment ceux observables sur des temps longs) méritent d'être valorisés, en passant plus fréquemment des mains des chercheurs en géo-épidémiologie aux cadres de concertations des acteurs territoriaux de la Santé Publique (ARS, ORS, et pourquoi pas les collectivités territoriales). Cette évolution est-elle envisageable ? L'intégration de problématiques traitant de l'hétérogénéité spatiale des phénomènes d'incidence peuvent-elles (enfin) contribuer aux nouvelles orientations du Schéma Régional d'Organisation Sanitaire (SROS) du Limousin ?

Les actions-recherche afférentes à la problématique « santé et environnement » présentées dans ce doctorat ont été menées en 2008 et 2009. Nos collaborations concernent des acteurs locaux (des systèmes de surveillance sanitaire contemporains installés dans la région) et nationaux (instituts nationaux de veille sanitaire et de radioprotection) peu représentés dans le paysage d'acteurs énoncés jusqu'alors. Ces actions-recherche visent à mettre en place des méthodologies de diagnostics sanitaires régionaux au regard de spécificités environnementales. Dans les conclusions et les perspectives, nous projetons les résultats obtenus au cours de ces expériences dans la nouvelle configuration d'acteurs (notamment l'ARS) pour engager une discussion sur les outils et les méthodes adaptés à une mission de gestion territoriale de la santé, mais également sur l'intérêt d'une connaissance partagée de la géo-épidémiologie dans le cadre du processus décisionnel des acteurs œuvrant à l'échelle régionale. Etonnamment, les TIG se développent tardivement dans les organismes capables de produire des informations géographiques d'incidence des principales pathologies à des échelles infrarégionales, notamment en raison de la nécessaire formalisation des représentations spatiales à l'attention d'acteurs territoriaux.

La seconde partie (prospective) de ce doctorat investit donc le domaine de l'épidémiologie territoriale : le recours progressif aux TIG dans ce domaine d'activité depuis quelques années

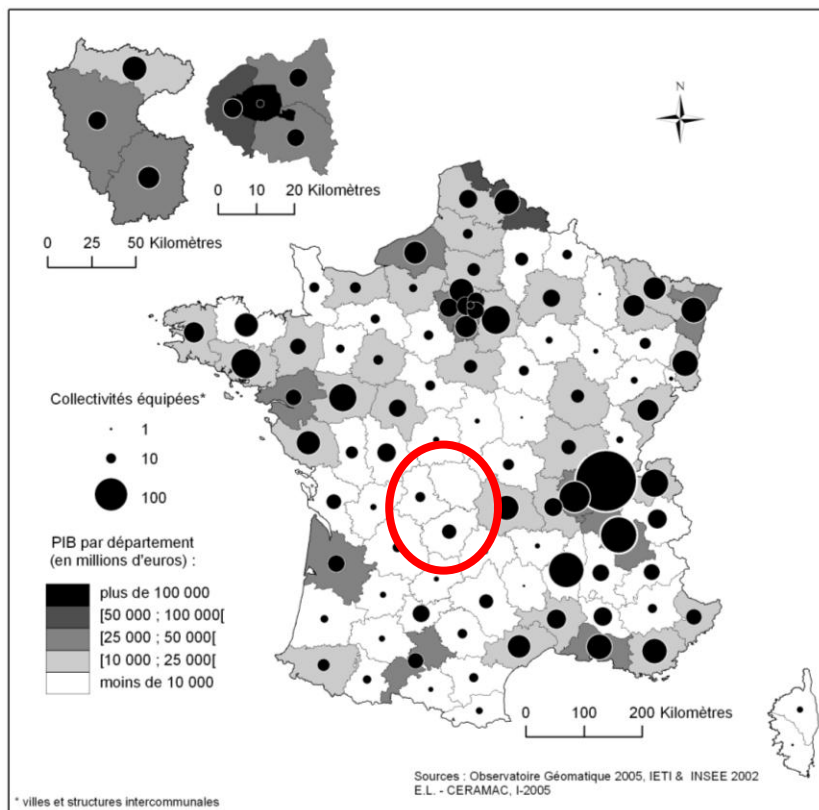
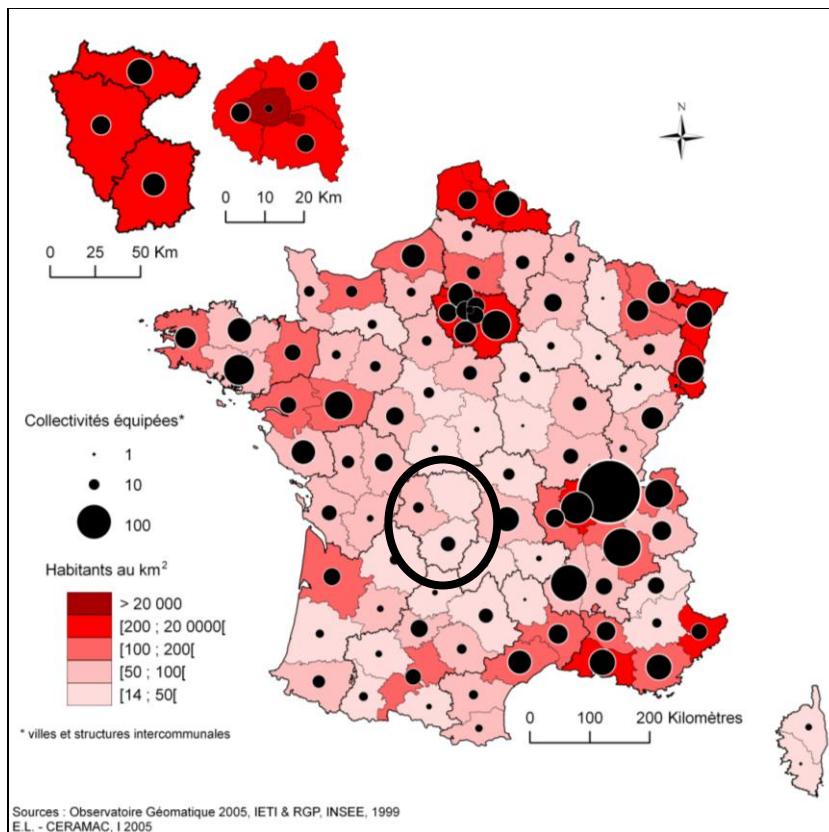
suppose qu'un développement des SIG dans le domaine de la santé publique en région est fort probable, en cohérence avec l'émergence des ARS et leurs missions de coordination.

B. Etudes de cas en Limousin

Le choix du terrain d'études (dimension régionale et locale) s'imposait par les contraintes que nous nous sommes fixées quant au suivi d'études fréquent et régulier permettant une dimension longitudinale dans l'analyse critique que nous souhaitons conduire. De ce fait, nous nous sommes focalisés sur un type de territoire rarement sélectionné pour des études sur la géomatique : les densités de populations y sont faibles et les enjeux fonciers très relatifs à l'égard d'études des cas conduites en Ile de France ou dans les territoires métropolitains (notamment dans la région Rhône-Alpes).

Sur la figure 2, les deux cartes (établies par E. Langlois dans son doctorat, 2006) superposent le nombre de collectivités territoriales équipées d'un SIG avec la densité d'habitants d'une part, puis avec le PIB/habitant d'autre part (à l'échelle départementale). Dans cette géographie quantitative initiée par Roche en 1999, le Limousin se situe dans la diagonale française du « vide géomatique » (sud-ouest / nord-est). Ces deux cartes qui la mettent en évidence donnent un aperçu des relations entre le niveau d'équipements géomatiques des acteurs, l'importance démographique de la population résidentielle (au km²) et les richesses produites. A ce titre, le Limousin est un terrain d'investigation dont les trois indicateurs sont parmi les plus bas de France.

Le constat géographique quantitatif précédent ne signifie pas pour autant que les TIG sont totalement absentes et que leurs impacts, alors qualitatifs, soient négligeables dans ces territoires. Nous verrons que les échelles spatiales à partir desquelles nous avons raisonné (région, agglomération, commune), comme la diversité des thématiques abordées dans ce travail (mobilités pendulaires, politique intercommunale de l'Habitat, épidémiologie spatiale de la sclérose latérale amyotrophique, cancers et environnement, etc.) ont permis d'étudier des jeux d'acteurs aux pratiques et aux exigences géomatiques fortement différenciées.



(Langlois, 2006)

Figure 2 : TIG, densité de population et PIB en France au début des années 2000

Nos actions-recherche, conduites en Limousin, sont présentées sous la forme d'annonce du plan de ce tapuscrit. La première partie est une approche rétrospective sur l'émergence des SIG au sein des structures intercommunales et des collectivités territoriales. La seconde partie est une approche prospective sur la contribution des TIG pour des chercheurs en géo-épidémiologie tendant à élargir leurs réflexions aux inégalités géographiques, et donc en chemin vers les cadres de concertations des acteurs territoriaux de la santé publique à l'échelle régionale et infrarégionale.

1. L'usage expérimenté des TIG par les gestionnaires du territoire : intercommunalités et collectivités territoriales.

Comme nous l'avons mentionné dans la partie précédente, les actions-recherche concernant les gestionnaires du territoire s'inscrivent à deux échelles spatiales distinctes : l'intercommunalité pour traiter de l'aide à la décision sur des problématiques à grande échelle, puis une collectivité de grande taille (le Conseil régional) pour les réflexions menées sur l'ensemble du territoire régional, pour une aide à la décision sur des réflexions à petite échelle.

Le chapitre 2 présente l'évolution de la culture géomatique du territoire intercommunal de Brive la Gaillarde depuis 1999. La présentation chronologique de trois actions-recherches dotées de méthodes de cartographie concertées avec les acteurs des différentes structures intercommunales (une avec le Pays et deux avec la Communauté d'agglomération), précède la présentation du SIG de la Communauté d'Agglomération de Brive, opérationnel depuis 2005. Thématiquement, cette action-recherche permet de présenter successivement une analyse diachronique de l'usage des sols au service d'un Schéma Directeur de Pays, réalisée en 2000, la réalisation d'une cartographie d'aide à la décision pour l'implantation de logements sociaux dans le territoire de l'agglomération en 2005, et enfin quelques actions ponctuelles conduites en 2008 avec la communauté d'agglomération. Ce chapitre offre l'intérêt d'un cadre de concertation facilité avec une sphère décisionnelle en quête continue, plus ou moins sincère, d'une ambition commune : l'intérêt communautaire dans des échelles de réflexions incluant le foncier. Ce chapitre met notamment en évidence les conditions technologiques et stratégiques d'émergence d'un SIG intercommunal. Le suivi de l'évolution

des missions assignées au SIG de la CAB depuis sa création est formalisé comme une avancée dans la connaissance des rôles stratégiques des SIG pour les intercommunalités de taille moyenne. La question de l'aide à la décision est traitée, mais dans ces structures encore jeunes, nous constaterons que la technologie et la gestion des données permettent d'acquérir un statut stratégique (à l'égard des communes membres) occultant la pertinence d'informations géographiques produites au cours de diagnostics territoriaux.

Le chapitre 3 présente l'organisation fonctionnelle du SIG du Conseil régional du Limousin, une collectivité plus expérimentée tant dans ses missions territoriales que dans le recours aux TIG pour les assurer. Nous nous attardons notamment sur deux études réalisées en 2008 et 2009 dont les objectifs de diagnostics territoriaux et d'aide à la décision sont au cœur de notre sujet. Le SIG mis en place par cette collectivité dont le territoire de compétences est composé de 747 communes, doit répondre aux besoins de 15 services techniques dénombant plus d'une centaine de techniciens et ingénieurs. Les deux actions-recherche que nous développons ensuite traitent respectivement des migrations résidentielles, puis des migrations en Transports Express Régionaux (TER). Ces deux études illustrent assez bien les enjeux des diagnostics à petite échelle nécessaires à une gestion territoriale de dimension régionale : approfondir ses connaissances sur les flux de néo-arrivants entre deux recensements de la population pour adapter sa politique d'accueil des populations ; ou bien encore approfondir ses connaissances sur l'efficacité du service TER avant une négociation à l'occasion du choix du nouvel exploitant. L'externalisation (auprès de bureaux d'études ou de laboratoires de recherche) des diagnostics territoriaux témoigne-t-elle d'une remise en cause récente du système d'information géographique du Conseil régional ?

Nos collaborations ont été initiées durant cette période où le manque d'outils d'aide à la décision faisait particulièrement défaut. Une période qui se veut désormais révolue puisqu'en 2010, le Conseil régional s'est doté d'une cellule *Etudes et Prospectives*, spécialisée dans l'identification d'indicateurs territoriaux et dans la mise en place d'outils d'aide à la décision.

Cette première partie investit donc les 4 composantes (méthodologique, organisationnelle, technique et informationnelle) de SIG opérationnels dans la gestion du territoire. L'objectif

est de dresser un bilan contemporain de l'efficacité des SIG dans les processus de concertation et de prise de décision des principaux acteurs de la gestion territoriale, à différentes échelles. Dans ce travail, les échelles spatiales extrêmes vont des préemptions foncières dans une intercommunalité, à l'orientation des politiques régionales concernant les géodynamiques des migrations résidentielles et pendulaires dans le territoire régional.

2. Prospection sur un usage géomatique d'intérêt territorial : produire des informations géoépidémiologiques utiles aux acteurs de la Santé Publique en région et aux gestionnaires des territoires

Dans ce travail portant sur les prises de décision dans la gestion territoriale, la place de l'épidémiologie environnementale dans la gestion territoriale s'inscrit dans une approche prospective sur la recherche d'un usage territorial de résultats géoépidémiologiques.

L'actualité des institutions en charge d'une politique régionale de santé publique concerne en premier plan les ARS nées de la fusion de tous les grands organismes afférents à l'offre de soins et à sa prise en charge socio-financière en 2010. Ces organismes régionaux doivent aujourd'hui s'assurer de l'adéquation entre l'infrastructure sanitaire dont ils ont la maîtrise et de la répartition de l'activité libérale d'une partie de l'offre de soins dite de proximité. Les inégalités géographiques dans le territoire de compétences d'une ARS peuvent être diverses, et ne pas relever systématiquement de l'offre de soin. Pour l'ARS Limousin, le service « Santé et Environnement » est directement supervisé par le Directeur de la Santé Publique²². Cette nouvelle configuration permet donc aujourd'hui d'identifier des acteurs en charge d'une gestion territoriale de la Santé Publique

Le chapitre 4, qui s'intéresse à la géo-épidémiologie de maladies fréquentes (les cancers), présente une collaboration servant la mise en place d'une méthodologie permettant d'assurer un screening des cancers autour des anciens sites d'exploitation d'uranium. Cette méthodologie transposable sur les différents sites français a été expérimentée sur l'ensemble de la région Limousin. Le cadre de concertation au sein duquel cette méthode a été élaborée était un groupe de travail pluraliste d'experts, tous compétents dans le domaine très précis du rayonnement ionisant autour des anciens sites miniers uranifères. Cette méthode est

²² Jean JAOUEN est directeur de la santé publique de l'ARS Limousin depuis sa création (1 avril 2010)

aujourd'hui préconisée par l'Institut national de Veille sanitaire sur le territoire national²³. Par contre nous verrons que la valorisation des résultats sur le Limousin, qui avait constitué le terrain d'expérimentation, est restée à la charge des acteurs territoriaux locaux.

Le chapitre 5 revient sur les outils et méthodes permettant de mesurer la distribution géographique d'une maladie neurologique rare (la Sclérose Latérale Amyotrophique). L'intérêt d'une approche géo-épidémiologique relève des nombreuses suspicions environnementales citées dans la bibliographie spécialisée. La logique est alors inversée par rapport au chapitre précédent : c'est l'étude d'une pathologie, au regard de nombreux facteurs environnementaux. La maladie étant rare, le groupe d'acteurs est principalement composé de chercheurs et de praticiens. C'est d'ailleurs pour cette raison que la DDASS et la CIRE (Cellule InterRégionale d'Epidémiologie) n'ont pas souhaité accompagner les investigations (malgré la reconnaissance d'agrégats spatiaux statistiquement significatifs mais qui ne justifieraient tout de même pas *le risque médiatique*²⁴).

Cette seconde partie investit ainsi le domaine de la géo-épidémiologie infra régionale, avec des chercheurs qui formalisent leurs référentiels méthodologiques et qui standardisent leurs productions cartographiques au service des décideurs territoriaux : si l'accès aux soins est une préoccupation en termes d'aménagement du territoire, qu'en est-il des données d'épidémiologie spatiale ? Où en sont aujourd'hui ces acteurs sanitaires spécialistes en termes de productions de données, de leur exploitation, de leur mutualisation et de leur communication ? Le développement des TIG dans ce domaine vise d'abord à échanger des méthodes avec les autres spécialistes, mais également à partager des résultats d'épidémiologie territoriale et ainsi, contribuer à une capitalisation de la connaissance au service du territoire. Les perspectives offertes sur le thème « Santé et environnement » à l'échelle régionale par la concomitance de deux événements (la publication officielle de notre méthode (cf. note ²³) et la révision du Plan Régional de Santé (PRS) par l'ARS) sont exposées à la fin de ce travail. C'est un exemple « type » des nouveaux enjeux pour la géomatique : standardiser les « TIG de concertation » pour s'orienter vers des « SIG de collaboration »

²³ (GEP, 2010)

²⁴ La notion de *risque médiatique* dans la déclaration d'un agrégat de cas pathologiques est discutée dans les conclusions de la seconde partie.

inter-organisationnels, et dans l'exemple développé dans cette seconde partie, entre acteurs de la Santé Publique et à l'attention des gestionnaires des territoires.

Le chapitre 6 nous permet de conclure ce travail en insistant sur les résultats obtenus notamment en définissant l'ingénierie géomatique comme un domaine d'activité permettant de formaliser les préoccupations territoriales contemporaines avec les acteurs spécialisés qui les portent, dans l'objectif de les faire connaître aux gestionnaires (actuels ou futurs) des territoires et y trouver une réponse adaptée issue d'une concertation pluridisciplinaire.

II. Contexte scientifique : sociologie et géographie des SIG

Depuis 1995, la diffusion des SIG est fulgurante et colonise la plupart des institutions en charge de la gestion et de l'administration territoriale (administration centrale et collectivités territoriales). Pour les institutions équipées dès les années 1990 (notamment les municipalités), nous assistons à une maturation des systèmes organisationnels mis en œuvre dans les projets. Pour celles qui se sont initiées à la fin des années 1990 (Conseil Régional et Général, intercommunalités), elles impliquent dès le départ une diversité d'acteurs (élus, chefs de services et techniciens) en émergeant à travers des cellules de *stratégie de développement* le plus fréquemment sous la tutelle directe de la *Direction Générale des Services* (organigramme fréquemment rencontré au cours de nos contrats de recherche avec les collectivités territoriales). La décennie 2000 a également vu entrer le grand public grâce au développement de ces technologies sur internet (WebMapping), complétant aujourd'hui le rôle d'aide à la décision par celui de Technologies de Communication, pour s'adresser directement aux administrés.

De nombreux conseils de structuration, d'organisation et de définition d'une stratégie propre à la géomatique au sein de l'organisation (tant sur le plan technique qu'humain) sont aujourd'hui préconisés et mis en avant dans les publications scientifiques d'études de cas. Dans ces dernières publications, Henri Pornon n'insiste pourtant plus sur ces fondamentaux les considérant comme une connaissance confirmée et toujours valide.

« Les outils méthodologiques permettant de prendre en compte le premier enjeu (fonctionnement intra-organisationnel) sont connus et nous ne les aborderons pas dans la suite de cet article (dédié aux enjeux de l'inter-organisationnel) : schémas directeurs, réingénierie des processus, outils organisationnels... » (Pornon, 2007).

Il est pourtant admis (par cet auteur comme par les nombreux qui utilisent ses travaux) qu'à la fin de la décennie 2000, les organisations disposant de SIG se sont fréquemment contentées de nommer un collaborateur « chef de projet » ou de « responsable SIG », considérant ainsi la question organisationnelle résolue. Si le plan technique (serveur, infrastructure de données, interfaces métiers, etc.) ne semble plus constituer un obstacle pour le déploiement des SIG, l'aspect organisationnel reste généralement problématique notamment lorsque ce dernier revendique le statut d'outil d'aide à la décision.

La dimension organisationnelle des SIG a été investie très tôt (dès le début des années 1990) par les sociologues qui continuent aujourd'hui de contribuer à l'avancée des connaissances sur la géomatique.

En élargissant le panorama de recherches universitaires sur les SIG, les principaux questionnements scientifiques rencontrés s'organisent presque toujours autour d'une réciprocité permanente entre l'étude de la construction sociale des SIG (au sein ou entre l(es) organisation(s)) et l'étude des usages de la géomatique en aménagement du territoire (selon le niveau d'appropriation par les différents acteurs d'une ou plusieurs organisations d'un même territoire). Grâce à la convergence de ces travaux, un nouvel axe de recherche est né : une *géographie de l'Information Géographique* dont les bases scientifiques ont été proposées par Nicholas Chrisman (1991, 1996 et 2000) et Stéphane Roche (2000). L'Habilitation à Diriger des Recherches (HRD) soutenue par Thierry Joliveau en 2004 témoigne de l'intérêt grandissant des préoccupations géographiques sur les SIG : elle s'intitule d'ailleurs *Géomatique et gestion environnementale, recherche d'un usage géographique des SIG*.

Ce travail de doctorat part d'un postulat : le SIG se situe à l'interface des ressources technologiques (permettant une modélisation géographique) et du territoire (entendu ici comme l'espace géographique animé par les acteurs territoriaux). Ce postulat lui confère donc une utilité sociale par les réponses apportées à nos questionnements géographiques.

A. Le contexte sociologique dans l'étude des SIG

Les sociologues se sont rapidement intéressés aux évolutions liées aux SIG, et notamment en France, où ils ont précédé les géographes (Pornon, 1992). Les questionnements géographiques se distinguent en dépassant le périmètre social de l'organisation et en prolongeant la réflexion sur les relations entre les SIG et les géodynamiques observables sur le territoire.

1. L'étude des usages de la géomatique : une approche dominée par la sociologie

La géomatique a longtemps été l'affaire d'initiatives individuelles, avant de concerner un groupe d'acteurs, puis une organisation. Compte-tenu de la part jouée par les comportements (individuels ou collectifs), l'approche sociologique trouve un terrain expérimental original, et permet en premier lieu de préciser une sémantique fréquemment utilisée : les usages. La définition suivante permet de les considérer au regard d'une réflexion sur la géomatique :

« L'usage renvoie à l'utilisation d'un média ou d'une technologie, repérable et analysable à travers des pratiques et des représentations spécifiques ; l'usage devient social dès qu'il est possible d'en saisir – parce que stabilisées – les conditions sociales d'émergence et en retour d'établir les modalités selon lesquelles il participe à l'évolution des identités sociales des sujets » (Millerand, 1998)

Dans notre conception d'un SIG, trois grands ensembles convergent : des technologies de l'information géographique (TIG), des jeux d'acteurs d'une ou plusieurs organisations ayant des compétences territoriales, et des besoins d'outils de coordination et de communication afin de répondre aux objectifs précis des politiques publiques, de la gestion ou des projets d'un même territoire. Dans cette association triadique, l'approche sociologique qui s'intéresse au SIG consiste généralement à s'intéresser d'abord aux groupes d'acteurs, et dans un second temps aux missions territoriales de l'organisation : il y a ceux qui détiennent l'information géographique, ceux qui la traitent, et enfin ceux qui décident. Les conflits de pouvoir et le rôle de chaque type d'acteurs sont alors transformés au moment de l'émergence du SIG.

« Les conflits de pouvoir entre acteurs autour de la géomatique sont inévitables, l'intégration de la géomatique dans les organisations passe par leur résolution. Ils jouent donc un rôle dans le

lancement et le déroulement des projets et l'appropriation de la géomatique par les organisations se fait à travers une confrontation des différents acteurs. » (Pornon, 1998)

Le même auteur traite également l'intégration des SIG dans les organisations (processus parfois appelé *géomatization*) comme une forme d'ingénierie des SIG présentée sous cet intitulé (*comment les SIG entrent dans les organisations*) dans un chapitre d'ouvrage du *Traité IGAT : Aspects organisationnels des SIG* (Roche et Raveleau, 2004). Il est intéressant de noter que ce chapitre centré sur une sociologie des SIG au sein de l'organisation est précédé d'un autre chapitre intitulé *Usages sociaux et modèles d'adoption des SIG*. Le chapitre suivant est intitulé *SIG, cognitions et métiers*. Les auteurs respectifs (S. Roche et B. Raveleau, H. Pornon, W. Major et F. Golay) ont des profils de chercheurs difficilement classables dans une alternative entre la sociologie et la géographie²⁵. Sans entrer dans une analyse détaillée (épistémologique notamment), nous devons constater que les frontières disciplinaires entre les géographes et les sociologues sont floues dès lors qu'il s'agit d'étudier les SIG, car cet axe de recherche ne peut se faire sans la compréhension des jeux d'acteurs, sans un continuum entre les hommes et l'espace dans lequel ils interviennent.

Dans notre investigation géographique, nous considérons que l'approche globale consiste à comprendre comment s'articulent les stratégies d'acteurs, les systèmes d'actions territorialisées et la géomatique. Généralement, l'objectif à visée sociologique est d'apporter une connaissance permettant la réussite d'intégration des TIG au sein d'une organisation : une coordination globale fonctionnelle qui permet généralement de passer de SIG sectoriels à un SIG fédérateur, et qui vise ainsi à inscrire le SIG comme un projet de l'organisation et non plus de quelques individus en son sein. Dans les dernières publications de la communauté des géomaticiens, une émulation se dégage autour de cette problématique raisonnée dans une dimension inter-organisationnelle : *Travailler ensemble avec des SIG*²⁶ (généralement illustrée par une géo-collaboration de terrain notamment).

²⁵ Leurs consensus est peut être autour d'une définition plus précise du statut de géomaticien (par les pairs de la discipline), mais nous ouvrons là un débat qui constituerait probablement un autre doctorat, plus sociologique que géographique.

²⁶ Pornon (2007)

2. Connaître la culture géomatique des acteurs territoriaux

Nous avons souligné cette impression de "flou" entre les travaux des géographes et ceux des sociologues. De fait, l'approche sociologique semble être un premier pas complexe que doit tenter le géographe, dans le but d'appréhender les représentations et perceptions des différents acteurs territoriaux sur l'usage et l'intérêt professionnel des TIG.

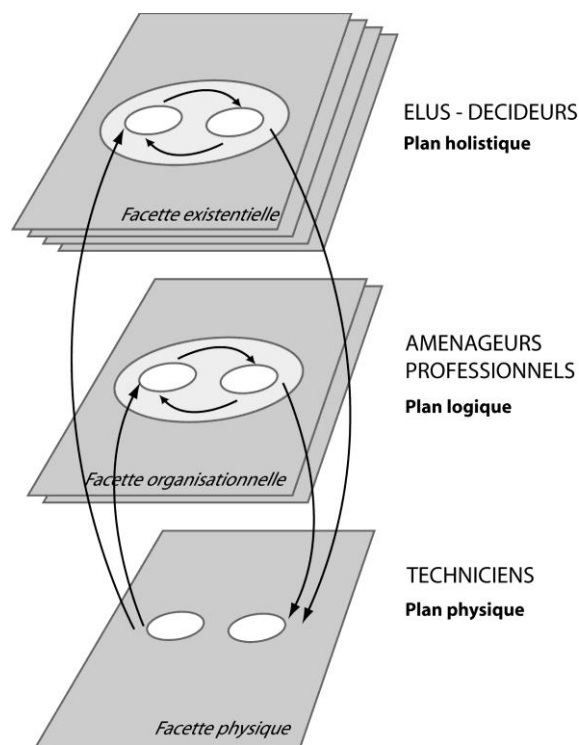
Ce préliminaire est d'autant plus important qu'il témoigne bien souvent d'un décalage important entre le potentiel technologique présent sur le marché et les réels usages par les acteurs territoriaux. L'étude des SIG ne peut donc être conduite uniquement dans un cadre conceptuel : ce sont les usages sur le terrain et les implications réelles des TIG dans les modalités d'aménagement du territoire qui constituent la matière première de la réflexion. Le cadre conceptuel, généralement construit en fonction d'un déterminisme technologique et d'un possibilisme sociétal, fige trop souvent des situations que les réalités sociales ont beaucoup de mal à atteindre.

Dans sa thèse, Stéphane Roche (1999) met en évidence les perceptions et les appropriations différenciées parmi les acteurs de municipalités françaises et québécoises grâce à un nombre important d'entretiens : le marquage professionnel et fonctionnel des perceptions spatiales par les acteurs est présenté comme un facteur déterminant du développement d'un SIG.

		TECHNICIENS	AMENAGEURS PROFESSIONNELS	ELUS - DECIDEURS
PERCEPTION	L'espace	<i>Espace physique et matériel</i>	<i>Espace réseaux, échanges dynamiques socio-spatiales</i>	<i>Lieux des enjeux de pouvoir, espace économique et politique</i>
	L'aménagement	<i>Construction, implantation d'infrastructures</i>	<i>Réflexion théorique sur les fonctions urbaines (plus généralement du territoire)</i>	<i>Projet politique, réglementation et satisfaction des citoyens</i>
	L'utilité de TIG	<i>outils de cartographie et de dessin</i>	<i>Outils de croisement des données et de représentations spatiales</i>	<i>Outil de communication</i>
	La qualité de l'IG	<i>Bonne qualité précision</i>	<i>Bonne qualité surtout pour les dimensions physiques</i>	<i>De plus en plus fiable et objective</i>
Utilisation réelle des TIG		Production de données	Compréhension des dynamiques et des problématiques du territoire de compétence	Présentation et argumentation

Tableau 1 : Perceptions professionnelles des acteurs de l'aménagement sur l'utilisation des TIG, d'après Roche (2000)

Le tableau 1 simplifie bien évidemment les réalités sociales au sein des collectivités locales. Certains techniciens ont conscience du système multi-scalaire et multithématique de leur territoire. Des géographes ou urbanistes, chef de service ou chargé de mission, se soucient largement du bien-être des administrés qui est au cœur du plan holistique, terrain privilégié des élus. Mais dans le cadre de leurs compétences professionnelles, cette représentation est assez fidèle aux expériences d'actions-recherche que nous avons conduites. Cette typologie d'acteurs, transposée dans un schéma conceptuel de l'approche systémique d'un territoire, peut servir l'étude des interactions « Homme - Technologie - Espace géographique » puisque les logiques de perceptions professionnelles s'expriment de façon quasi-identique au sujet du territoire (figure 3).



d'après Roche (2000) adapté de Major et Golay (1995) et de Prélaz -Droux (1995)

Figure 3 : Perceptions du territoire par les acteurs professionnels de l'aménagement

Comme le montre le tableau 1 et la figure 3, les usages des TIG par les différents acteurs sont assez différents des perceptions qu'ils ont de l'aménagement et notamment du rôle que les TIG jouent dans ce domaine d'activité.

Les plus cohérents sont les techniciens pour lesquels la réalité géodésique est un référentiel majeur. Ainsi, faire le lien entre *la construction d'infrastructures* et *produire des représentations cartographiques* ne pose pas réellement de décalage « perception-application ».

Pour les aménageurs (principalement les ingénieurs territoriaux, parfois chefs de service), l'analyse spatiale permettant une réflexion dans la facette organisationnelle du territoire est perçue comme un atout du SIG. L'empilement des inventaires de données géographiques est un recours très fréquent pour l'élaboration des diagnostics territoriaux. Cependant, les analyses permettant la mesure des interactions spatiales sont rarement utilisées. Pour ces acteurs, la sous utilisation des SIG peut être liée à la culture géomatique des individus, mais relève aussi très souvent d'un problème structurel lié aux moyens humains, et à l'absence d'une « cellule²⁷ » dédiée à la géomatique au sein de l'organisation.

Enfin, les élus ont une conception de l'aménagement dans un plan tellement global qu'il est décrit comme holistique (où entre autres, toutes les interactions spatiales sont possibles) et dont les objectifs premiers concourent à la satisfaction des citoyens. Ils ont recours aux TIG essentiellement pour la présentation et l'argumentation (nous pourrions ajouter la justification et la persuasion). Les TIG, pourtant peu utilisées pour l'aide à la décision par les élus (selon la bibliographie spécialisée), présentent pourtant les atouts pour comprendre le problème bien en amont de la décision, voire pour simuler des situations à venir en fonction de différents scénarios probabilistes comme volontaristes.

Depuis une dizaine d'années, les évolutions les plus significatives concernent des aménageurs professionnels qui, par leur perception des dimensions spatiales dans l'aménagement comme par leurs usages des TIG, sont à la charnière de l'encodage numérique réalisé par les techniciens et l'usage qui peut en être fait par les décideurs. Le rôle fondamental de cette catégorie d'acteurs relève aussi du fait qu'ils concilient généralement leurs stratégies personnelles avec leur perception de ce qui est bon pour l'organisation (Pornon, 2004). L'accent mis sur ce groupe d'acteurs s'avère d'autant plus pertinent qu'ils assurent la continuité temporelle du fonctionnement du SIG, à l'instar des élus dépendant

²⁷ Le terme de « cellule » est très souvent utilisé pour dénommer un sous-service n'ayant pas de statut officiel dans l'institution et donc sous la tutelle d'un service officiel. Exemple : cellule Géomatique du service Informatique, cellule Hygiène et Sécurité du service Patrimoine, cellule SIG du service Stratégie de Développement...

d'élections. Ce schéma s'exprime ici en « vase clos », au sein de l'organisation et dans les limites de son espace de compétences territoriales : là où des décisions doivent trouver une continuité dans l'action territoriale. La prise en compte de la culture géomatique de chacun, et plus encore celle du groupe, est fondamentale pour constituer des terrains d'études sur les interactions entre l'usage des TIG et les actions effectives d'aménagement du territoire.

B. La géographie de l'Information Géographique

Si l'usage et l'intégration des TIG au sein d'une organisation concerne le plus souvent des collectivités territoriales, l'étude de la construction sociale des SIG conduit finalement les chercheurs à s'interroger sur l'impact réel d'un SIG dans l'espace géographique (réflexion, concertation et communication dans le jeu d'acteurs, diagnostic territorial et simulations des prospectives, coordination de la réalisation des aménagements et instruction des dossiers...). Cet axe de recherche est principalement alimenté par une multitude d'études de cas tant sur des SIG sectoriels que fédérateurs, des *SIG observatoire – gestion - suivi*, que *d'aide à la décision - communication*²⁸. L'étude du phénomène de *géomatization*²⁹ des institutions est alors conduite grâce à des études comparatives : sur les municipalités au Québec et en France (Roche, 2000), sur les projets gouvernementaux au Québec et en Tunisie (Chevallier, 2004), etc.

1. Approche spatio-temporelle dans la construction sociale des SIG

Selon Roche (2000), le développement des SIG doit être considéré comme un processus humain ayant une forte propension à modifier le contexte au sein duquel il se déroule. Ainsi, le SIG est sans aucun doute un construit social : il s'agit d'un mécanisme complexe profondément conditionné par les caractéristiques organisationnelles, socioculturelles, politico-institutionnelles et spatiales, locales et nationales. En multipliant les déclinaisons locales de projets SIG fédérateurs (de type monographique ou comparatif), les explorations inductives doivent permettre d'établir une base de connaissances référentielle d'une *Géographie de l'Information Géographique* (démarche proposée par l'auteur dans la conclusion de son ouvrage *Enjeux sociaux des SIG*, 2000). En effet, une lecture géographique systémique

²⁸ Vocabulaire utilisé dans la classification de Bordin sur l'usage des SIG (2002)

²⁹ Géomatization est entendue ici comme les modes d'appropriation des TIG par des acteurs territoriaux

est possible dès lors que l'on prend en compte la spécificité des lieux : le contexte institutionnel et culturel, l'organisation administrative du territoire et les pratiques de gestion et de planification, les compétences territoriales et les jeux d'acteurs.

Ces réflexions sont conduites à différentes échelles spatiales : dans ce travail par exemple, nous traitons d'une collectivité en charge de la gestion du foncier et d'une autre assurant la politique d'accueil des populations à l'échelle régionale.

2. Répartition spatiale des systèmes de production et de consommation de l'IG

A priori, la pratique de cette géographie vise donc à étudier le processus de construction sociale des SIG et ses effets (à priori positifs) sur le territoire. Nicholas Chrisman (1991, 1996 et 2000) propose un cadre élargi (et théorique) de cet axe de recherche :

«Elle (La géographie de l'information géographique) consiste à étudier de la répartition spatiale des différents systèmes de productions et de consommation de l'Information géographique »
(Chrisman, in Roche 2000).

De nombreux travaux montrent comment l'intégration de ces technologies au sein d'une organisation correspond à une construction sociale qui redéfinit (ou tout du moins influe sur) le rôle des acteurs (qu'il s'agisse de collectivités territoriales, d'institutions ou d'entreprises). Les pratiques professionnelles à l'intérieur de l'organisation sont incontestablement modifiées ; mais quels effets les TIG produisent-elles sur le territoire de compétences ? Notre démarche s'intéresse prioritairement à la façon dont les territoires sont réfléchis en présence de ces technologies, d'une part au regard de la sphère organisationnelle du SIG au sein d'une (ou entre) organisation(s), et d'autre part au regard des représentations spatiales produites et de leurs usages (notamment les prises de décisions) par les acteurs en charge de la gestion de ces mêmes territoires.

Pour conclure, la question omniprésente de cet axe de recherche fut posée par Stéphane Roche dans l'argumentaire en faveur d'une genèse disciplinaire de cette *Géographie de l'Information Géographique* :

« Le développement d'un SIG, la diffusion et l'utilisation des TIG qui en résulte, modifient-ils la manière dont les acteurs appréhendent l'espace et construisent leur territoire ? Comment

l'intégration de ces outils de représentation spatiale dans les logiques d'acteurs est-elle susceptible d'aboutir à la production de territoires différents de ceux qui ont été conçus sans ces outils ? (Roche, 2000).

Comme pour beaucoup d'autres recherches géographiques, celle sur l'Information Géographique s'interroge sur la manière dont les territoires sont réfléchis, conçus et produits par les différents acteurs, avec la spécificité d'une lecture à travers l'analyse du développement des SIG et de leurs effets directs et indirects sur le territoire concerné.

III. Méthodologie : actions-recherche et cadre de concertations

Dans le contexte scientifique décrit précédemment, nous avons pu constater l'importance des approches sociologiques dans les études sur les SIG. L'état des lieux dressé nous a servi de point de départ pour tenter de circonscrire nos interrogations à l'une des composantes de la géographie de l'information géographique : les prises de décisions et les modalités de recours aux TIG, pour et dans le territoire.

Dans un premier temps, nous dressons le cadre théorique de la place d'un Système d'Information Géographique dans une organisation (collectivité, administration, institutions, etc.) afin d'apprécier les attentes des acteurs territoriaux qui l'intègrent dans leur fonctionnement quotidien. Puis, après quelques précisions sur les principes méthodologiques jusqu'alors exprimés par les termes « actions-recherche », nous présentons notre protocole d'études qui a consisté à s'impliquer dans des collaborations favorisant les cadres de concertation et de participation avec des acteurs territoriaux. Les méthodes et outils utilisés dans chaque action-recherche sont par contre explicités dans les chapitres concernés.

A. Une lecture théorique de la contribution des TIG pour la gestion et les prises de décisions afférentes à la gestion territoriale

Un SIG coûte cher, tant sur le plan de l'équipement (matériel et bases de données), humain (technicien, ingénieur) que fonctionnel (mise à jour des données, droits de publications cartographiques, consommables, etc.). Malgré ce coût (qui s'est nettement réduit depuis dix

ans), qu'est-ce qui justifie une propagation si fulgurante des SIG dans les collectivités territoriales durant la décennie 2000 ? Quelles que soient les lectures afférentes au sujet, le marketing du SIG est centré sur un leitmotiv adressé aux décideurs : *une aide pour les prises de décision*.

1. Vision théorique d'un SIG dans un Système d'Information (SI)

Pour appréhender la diversité des recherches s'interrogeant sur l'utilité des SIG, il convient dans un premier temps de revenir sur la définition du Système d'Information *stricto sensu*.

Un Système d'Information (SI) se définit comme un *système de communication permettant de communiquer et de traiter l'information* (norme ISO 5127-1-1983). Plus simplement, il s'agit d'un système (humain, matériel et logiciel) permettant de collecter les questions des acteurs d'une organisation et toutes les informations brutes afin de produire des informations traitées et donc des réponses aux questionnements (Bordin, 2002).

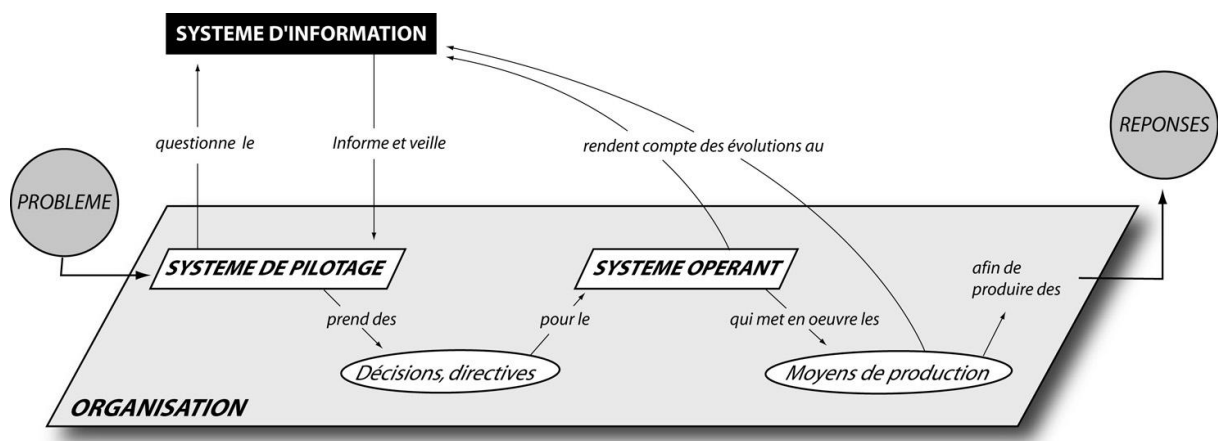


Figure 4 : Rôle d'un Système d'Information dans le fonctionnement d'une organisation

Comme le montre la figure 4, le SI est connecté au système de pilotage d'une organisation. Lorsqu'un problème se pose, le système de pilotage (organe décisionnel restreint ou conseil communautaire) questionne le SI pour en identifier l'origine (nouvelle situation ou déséquilibre constaté dans un suivi).

Les prises de décisions engagent des directives que le système opérant met ensuite en œuvre avec les moyens de productions propres à l'organisation, afin de produire une réponse adaptée.

Ce schéma théorique fonctionne aussi dans le cas d'initiatives ou de nouvelles compétences : dans ce cas, la *nouvelle mission* remplace le *problème* (à gauche) et les *nouvelles actions* remplacent les *réponses* (à droite).

Lorsque des Informations Géographiques sont intégrées au SI d'une organisation, elles révèlent d'abord, par leurs spécificités, des inégalités et déséquilibres géographiques. Le cas échéant, elles permettent de mesurer la pertinence de l'implantation d'un équipement ou d'une action dans un lieu précis du territoire de compétences.

Théoriquement, ces informations géographiques sont donc également utilisées dans les outils d'aide à la décision, et au final le SIG doit permettre la mise en œuvre d'actions adaptées aux besoins du territoire. Dans les organisations en charge de la gestion territoriale, le SIG permet notamment de mettre en connexion la sphère décisionnelle et les services techniques (au moment d'interroger le SI, pour la mise en œuvre des documents d'aide à la décision, le suivi des actions territorialisées, etc.). Doté de ces technologies, il devient alors possible de mieux s'informer et mieux comprendre, pour assurer une meilleure gestion et planification du territoire.

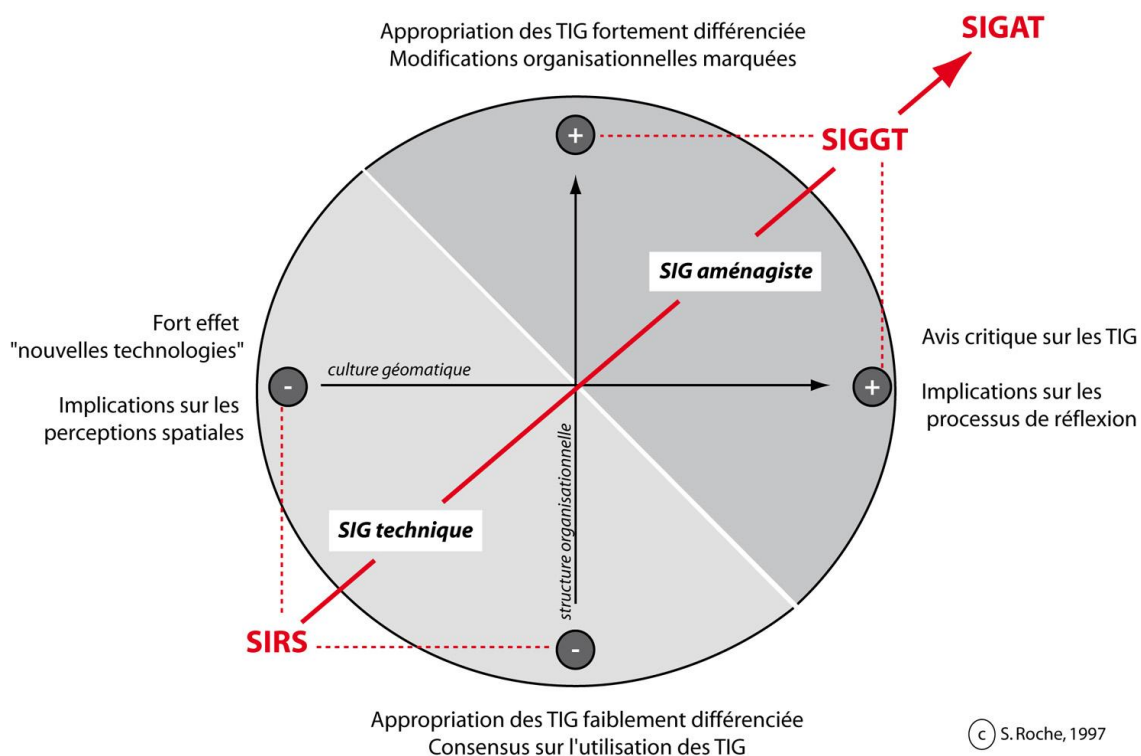
2. Le passage des TIG au SIG

Stéphane Roche (2000) insiste sur la distinction entre les SIG techniques et les SIG aménagistes lui permettant de qualifier un SIG en fonction des deux axes de son repère de classification des SIG municipaux (figure 5). Selon l'auteur, la *culture géomatique* et la *structure organisationnelle* sont les indicateurs privilégiés pour classer les SIG³⁰, en partant d'une technologie utilisée principalement par les techniciens pour produire des données et réaliser des plans, pour aller jusqu'à un système intégré aux processus de réflexion territoriale dans le cadre de la politique d'aménagement conduite.

La *culture géomatique* peut être entendue comme le niveau de connaissance dans la mise en œuvre pratique et organisationnelle des TIG. Qu'elle soit très faible ou très forte, elle a des implications respectivement sur les représentations spatiales des acteurs et/ou sur leurs processus de réflexion ou d'actions.

³⁰ dans ces études de cas, il s'agissait de municipalités. Mais cette grille de lecture s'adapte également aux autres collectivités.

La classification prend aussi en compte la *structure organisationnelle* afin de distinguer les organisations pour lesquelles les acteurs ont une perception et des usages simples et similaires (homogènes) d'une part, et à l'opposé, des organisations où l'usage des TIG est cohérent avec les compétences professionnelles de chaque type d'acteurs (cf. tableau 1 et figure 3 afférents aux perceptions professionnelles des acteurs de l'aménagement sur l'utilisation des TIG).



SIRS : Système d'Information à Référence Spatiale; SIGGT : SIG Gestion Territoriale; SIGAT : SIG Administration Territoriale

Figure 5 : Repère de classification de SIG municipaux, Roche (2000) modifié

Les trois sigles que nous avons superposés (SIRS, SIGGT et SIGAT) sur la figure 5 témoignent de l'évolution (de gauche à droite) des missions assignées au SIG de l'organisation, pour passer d'une logique d'un outil *technique* généraliste à un système adapté à l'aménagement du territoire, d'un Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS) à un Système d'Information Géographique dédié à une Gestion Territoriale (SIGGT), et parfois à un système dédié permettant l'Administration du Territoire (SIGAT - en fonction de la nature des compétences territoriales de l'organisation).

Nous partons du postulat qu'il existe un continuum entre les fonctionnalités SIRS, SIGGT et SIGAT pour le même SI d'une organisation. Pour comprendre ce continuum, à titre d'exemple, nous pouvons nous référer à la bibliographie anglo-saxonne qui fait une distinction sémantique entre les LIS (Land Information System) et les GIS (Geographical Information System). Bédart en 1987, puis Thériault en 1995 ont francisé ces sigles en conservant le sigle SIG pour les Systèmes d'Information Géographique, et en adaptant le LIS en SIT pour les Systèmes d'Informations sur le Territoire. Selon les définitions initiales, les SIT permettent de gérer un territoire à grande ou très grande échelle avec des objectifs juridiques, techniques ou économiques alors que les SIG sont des outils de base de la recherche, de l'aménagement et de la planification régionale ou urbaine (Scholten et Van Den Vlugt, 1990).

S.I.T	CARACTERISTIQUES	S.I.G
<i>Institutionnel</i>	CADRE ADMINISTRATIF	<i>Flexible</i>
<i>Gestion et administration</i>	TYPE D'APPLICATION	<i>Recherche et planification</i>
<i>Le territoire</i>	ELEMENT CENTRAL	<i>Milieu naturel, activités humaines</i>
<i>Extraction de données et confection de rapports</i>	PRINCIPAUX TRAITEMENTS	<i>Analyse spatiale, modélisation et simulation</i>
<i>Régulière</i>	FREQUENCE D'UTILISATION	<i>Au besoin</i>
<i>Très ciblés</i>	NATURE DES OBJECTIFS	<i>Ouverts et imprécis</i>
<i>Structure fixe</i>	BASE DE DONNEES	<i>Structure évolutive</i>
<i>Continue</i>	MISE A JOUR DES DONNEES	<i>Périodique</i>
<i>Juridiques</i>	IMPLICATIONS	<i>Aide à la décision</i>
<i>Cadastrale</i>	ECHELLE D'ANALYSE	<i>Locale et régionale</i>
<i>Forte</i>	PRECISION DE LOCALISATION	<i>Variable</i>
<i>Bas</i>	MOMENT DE L'INFORMATION	<i>Elevé</i>
<i>Faible</i>	NIVEAU D'ABSTRACTION	<i>Fort</i>
<i>Forte</i>	PART DES DONNEES INTERNES	<i>Faible</i>
<i>Importante</i>	TOPOLOGIE	<i>Essentielle</i>
<i>Dans le détail</i>	CONFORMITE AU TERRITOIRE	<i>Dans l'ensemble</i>
<i>Essentiel</i>	CONTROLE DES ACCES	<i>Facultatif</i>
<i>Permanent</i>	DUREE DE VIE	<i>Selon les besoins</i>
<i>Importants</i>	MOYENS INFORMATIQUES	<i>Modestes</i>
<i>Nécessaire et régulier</i>	PERSONNEL SPECIALISE	<i>Variable</i>
<i>Vectoriel</i>	ENCODAGE DE L'ESPACE	<i>Matriciel ou vectoriel</i>



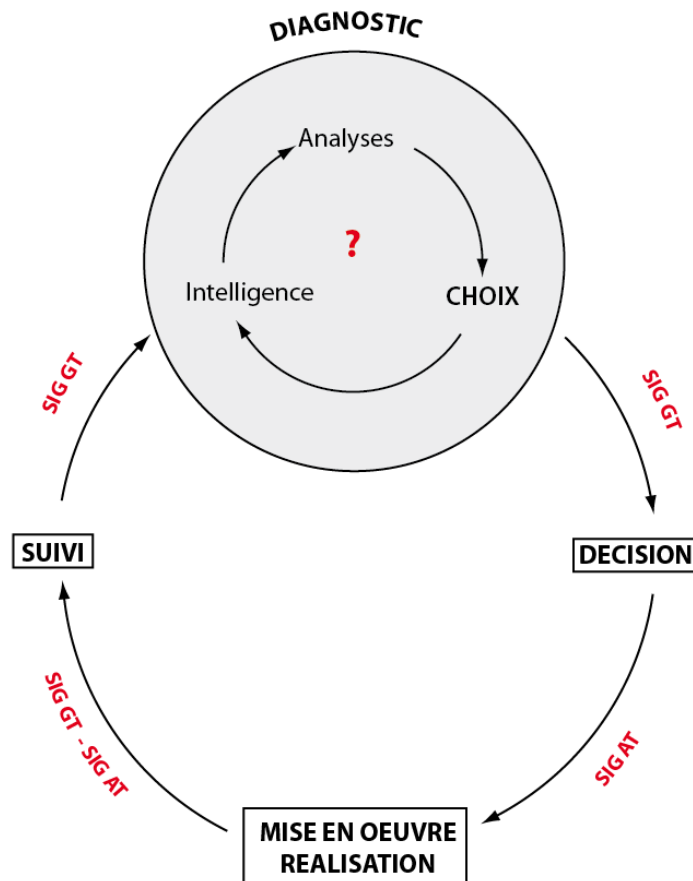
Tableau 2 : Le continuum des SIRS d'après Bédart (1987), Thériault (1995) et Joliveau (1996) in Joliveau (2004)

Le tableau 2 énumère une liste de critères en comparant SIT et SIG afin de montrer qu'il ne s'agit finalement que d'extrêmes, et que la plupart des systèmes se situent entre les deux (Joliveau, 2004). De même, il est plus cohérent de penser que le SIG d'une organisation possède potentiellement les trois fonctionnalités (SIRS/SIGGT/SIGAT) dans un continuum que nous cherchons à identifier et à qualifier dans ce travail de doctorat.

3. SIG, cycle de gestion territoriale et prise de décision

Nous allons maintenant nous intéresser, non plus à la dimension interne du SIG, mais aux missions principales que lui attribuent les organisations.

Selon Chevalier (2004), la gestion territoriale est un phénomène cyclique organisé en quatre grandes phases : le *diagnostic*, la *décision*, la *mise en œuvre* et le *suivi*. Compte tenu de notre attention particulière pour la contribution de la géomatique aux prises de décisions, nous avons détaillé la place du *diagnostic* en y intégrant une variante d'un modèle de processus décisionnel conçu par Simon (1960), modifié par Martel (1988) puis par Chevalier (1996). La figure 6 permet de comprendre l'emboîtement du processus décisionnel dans le cycle de la gestion territoriale où le SIG est potentiellement présent à chaque étape, et où les fonctionnalités assurent la transition entre les phases.



d'après Simon (1960), Martel (1988) et Chevalier (1996 et 2004)

SIGGT : SIG Gestion Territoriale / SIGAT : SIG Administration Territoriale

Figure 6 : L'aide à la décision d'un SIG dans le cycle de gestion territoriale

La phase de *diagnostic* doit permettre l'analyse du territoire : les besoins (pour identifier les objectifs d'une intervention éventuelle), le potentiel (pour cerner les possibilités d'actions) et les contraintes (qui délimiteront le champ d'actions). C'est également dans cette phase que débute le processus décisionnel : l'*intelligence* se réfère à la compréhension de l'objet d'étude, les *analyses* à la formulation de scénarios de solutions, et enfin le *choix* à l'identification du (ou des) scénario(s) à retenir (Chevallier, 2004). La *décision* constitue l'acte d'autorité requis pour désigner le scénario à *mettre en œuvre*. Enfin, la *réalisation* constitue l'aboutissement du processus décisionnel. Dans un contexte de gestion territoriale, lorsqu'une organisation a en charge une compétence définie, un suivi de la situation doit également être assuré. Il devient alors possible de mesurer les effets des actions réalisées : les déséquilibres éventuels dans la répartition géographique par exemple.

Lorsqu'une nouvelle situation apparaît (problématique ou non), le cycle reprend. De ce fait, le SIG d'une organisation est très largement sollicité dans ce cycle : il est notamment présent dans la préparation du processus décisionnel (*diagnostic*) et le *suivi*, et dans une moindre mesure dans la *réalisation* (selon les compétences de l'organisation en termes de maîtrise d'ouvrage, de maîtrise d'œuvre, et/ou d'engagement dans le suivi et l'entretien d'équipements par des agents de la collectivité, de l'instruction de dossiers d'urbanisme, etc.).

La mission, si souvent mise en avant, d'aide à la décision est située entre les fonctionnalités SIRS et SIGGT (figure 5), donc dans la partie désignée *diagnostic* définie ci-dessus (figure 6). Notre problématique afférente à la contribution des SIG dans les prises de décision d'intérêt collectif s'inscrit donc principalement dans cette phase du cycle de gestion territoriale : les réflexions et les décisions s'appuient-elles sur les diagnostics territoriaux, analyses spatiales et prospectives produites au moyen du SIG de l'organisation ? A partir de quel type d'informations (référentiels nationaux, données produites au sein de l'organisation, prestations externalisées, etc.) une collectivité identifie-t-elle les besoins des populations ? Le SIG est-il une sous-composante du Système d'Information (SI) interagissant aussi avec le système de pilotage pour les directives et les décisions, et/ou un moyen de production du système opérant de l'organisation (figure 4) ?

La prise de décision s'inscrit entre les fonctionnalités SIGGT et SIGAT (figure 5 et 6). En effet, la fonctionnalité SIGAT n'a pour objectif que d'instruire une opération déjà définie et par conséquent donne une matérialité effective à l'action engagée sur une décision déjà prise.

Les pratiques géomatiques dans les collectivités sont-elles présentes à toutes les étapes du cycle de gestion territoriale, de sorte à inventorier, surveiller, analyser et choisir pour enfin mettre en œuvre ? Elles disposent en effet de ressources techniques, d'ingénieries et politiques, qui mises bout à bout, pourraient laisser supposer qu'une seule collectivité est assujettie à identifier une préoccupation territoriale, en trouver les solutions et à les mettre en œuvre dans son domaine de compétence. Nous verrons que les études de cas dévoilent une réalité bien plus complexe.

Jusqu'alors, ce questionnement est spécifique aux collectivités territoriales et aux intercommunalités qui disposent de compétences territoriales clairement identifiées. L'axe de recherche qui se développe sous l'intitulé d'une *géographie de l'information géographique* doit désormais impulser plus largement des études de cas hors du champ des collectivités territoriales (ou de structures disposant de compétences territoriales en aménagement du territoire). Si ces dernières sont les premiers acteurs de la gestion territoriale, les nouvelles préoccupations (territoriales) émergent le plus souvent à travers un cadre de concertation élargi à un jeu d'acteurs inter-organisationnel à l'occasion d'un diagnostic d'intérêt général. Fréquemment, dans ces contextes inter-organisationnels, les diagnostics ne conduisent pas systématiquement à des actions territorialisées et à leurs suivis, et parfois même, l'expérience n'aboutit pas à une connaissance partagée du territoire investi : le plus souvent, le SIG est semble-t-il d'abord au service de l'organisation qui le met en œuvre.

Le recours aux TIG dans une stratégie mono-organisationnelle est fréquent, il est plus rare dans les initiatives inter-organisationnel. D'un point de vue de l'intérêt territorial, ce fait est dommageable car de nombreuses données (des informations géographiques potentielles) sont produites localement par une très grande diversité d'acteurs qui ne sont pas considérés comme des aménageurs. Il s'agit pourtant d'acteurs territoriaux puisqu'ils formulent une problématique territoriale à laquelle les décideurs et gestionnaires des territoires se doivent de répondre : reconversion d'anciens sites exploités, conflits d'usages et de pratiques dans le territoire, enjeu de santé publique...

B. La recherche-action, de la théorie à la pratique

Le terme de *recherche-action* sert généralement à justifier, voire à revendiquer, une procédure interventionniste dans le système que l'on étudie : le principe est d'identifier les évolutions, souvent interprétées comme des réponses d'ajustements à une intervention prédéfinie (ajustements sur des modèles sociaux). Cette démarche peut prendre plusieurs formes, mais pour ce qui nous concerne, il s'agit de notre implication en tant que référent géomaticien dans les jeux d'acteurs territoriaux étudiés. Nous avons ainsi proposé des méthodes géomatiques adaptées aux besoins des acteurs dont l'objectif était de réaliser des diagnostics territoriaux actualisés pour une aide aux prises de décisions. Ce principe participatif que nous argumentons dans cette partie, constitue le fil conducteur d'une méthodologie générale construite sur une procédure commune déclinée et adaptée à chaque action-recherche initiée.

1. L' action-recherche, une démarche « critiquable »

Un psychosociologue américain d'origine allemande, Kurt Lewin, fut le premier à publier son approche méthodologique sous l'appellation d'*action-research*. Cette formalisation méthodologique est issue de ses travaux (entre 1930 et 1950) sur le *leadership* qui passèrent progressivement d'une psychologie expérimentale à des interventions auprès d'individus désireux de produire des changements sociaux. Selon lui, l'intervention dans le jeu d'acteurs permet d'accéder à des observations et à une interprétation de phénomènes de la réalité sociale, qui ne seraient pas perceptibles dans une approche non interventionniste (Sansone 2004, Langlois 2006).

Dans sa thèse, Eric Langlois (2006) part de ce postulat pour resituer dans le temps l'ensemble de ces partenariats : interventions sous la forme d'initiations aux TIG et contribution à la constitution de SIG dans le domaine de la gestion forestière auprès de différents acteurs territoriaux (Parcs Naturels, Communautés de Communes, Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF), etc.). En intervenant sur l'intégration des TIG dans chacune de ces institutions (actions de formation et sensibilisation), son doctorat met en évidence l'émergence d'une culture géomatique commune utile lors des concertations pour l'élaboration de plan de gestion, pour une prise de conscience collective des changements de comportements nécessaires aux reconversions induites par la tempête de 1999, etc. Dans ce travail, le concept de *recherche-action* est explicité et revendiqué à l'égard des bénéficiaires

apportés au territoire par l'intégration des pratiques géomatiques dans les sphères professionnelles du milieu forestier.

Dans notre cas, l'action-recherche correspond à un contrat de recherche visant la réalisation d'un diagnostic territorial et un document (ou outil) d'aide à la décision, à la demande, en collaboration et à l'attention d'une (ou plusieurs) structure(s) soucieuse(s) d'inégalités géographiques (collectivités, instituts, EPCI, etc.) dans son territoire de compétence.

De nombreux travaux (en sociologie comme en géographie) qualifient leurs démarches dans la logique d'une recherche-action(s). Ce postulat méthodologique contraint une large majorité à reconnaître également la difficulté de mesurer les biais sur la lecture des résultats, et peinent parfois même à les identifier. Par ailleurs, la banalisation du terme « recherche-action » lui fait perdre une crédibilité, dans un domaine de recherche déjà largement fragilisé par les débats inhérents à la géomatique.

« Il existe une diversité des points de vue parfois irréconciliables qui associent les GIS, tantôt à l'environnement informatique impliqué (matériel et logiciel), tantôt aux ensembles de données traitées (cartes, images satellitaires, banques de données), tantôt aux problématiques abordées (aménagement, gestion des équipements, études des environnements sociaux et naturels), parfois même aux personnes et aux organismes concernés et, plus souvent qu'autrement, à une combinaison dyadique ou triadique des éléments précédents »

(Maguire 1989, repris par M. Thériault et M. Miller, 1991).

Les interrogations critiques qui portent sur le principe de la *recherche-action* appliquée à la géomatique concernent généralement le discrédit porté à un observateur qui revendique une approche rigoureuse, mais qui dans le même temps doit appréhender objectivement une situation globale dont il est lui-même acteur.

Prenant en compte cette critique possible liée à notre implication dans les évolutions du jeu d'acteurs, nous précisons que nous avons conduit notre analyse critique à postériori des actions-recherche. Le temps du contrat de recherche, et donc de l'action-recherche, nous nous positionnons systématiquement dans un groupe de travail élargi impliquant l'ensemble des acteurs (les techniciens, les ingénieurs ou chefs de services, les élus et/ou décideurs, les

experts, les représentants de l'Etat, etc.) dont la fréquence des réunions de travail et/ou des présentations devant les décideurs a toujours été élevée (en moyenne 1 fois par mois (ou tout les 2 mois) pour des études échelonnées de 8 à 16 mois). Les prises de notes personnelles sur les avancées, hésitations et oppositions dans la construction de méthodes concertées ont incontestablement été utiles à l'analyse critique que nous présentons.

2. Les 5 étapes d'une méthodologie adaptée à chaque action-recherche

Quels que soient les objectifs annoncés par les acteurs territoriaux, notre démarche se décomposait en 5 étapes (figure 7) et débutait de la même façon : le laboratoire de recherche GEOLAB (UMR CNRS 6042) est sollicité par un organisme extérieur pour mettre en place une méthode au moyen de TIG visant à réaliser un diagnostic territorial et une expertise géographique permettant d'optimiser les prises de décisions.

Sur la figure 7, les cinq étapes sont séparées par deux types de flèches : les boucles rétroactives (en rouge) correspondent aux réajustements issus des concertations, tandis que les flèches noires permettent de noter la transition à une étape supérieure de l'état d'avancement de la méthode.

La première étape (*observations, perceptions représentations*) consiste à prendre connaissance du problème posé, des représentations qu'en ont les acteurs territoriaux qui nous interpellent, et des objectifs souhaités par ces commanditaires. Pendant cette première phase, les acteurs territoriaux expriment leurs besoins en termes d'avancée des connaissances sur leurs territoires que nous formalisons comme les objectifs du contrat de recherche.

La seconde étape (*données brutes*) est la constitution d'une base de données à partir des référentiels géographiques communément utilisés et des premières informations spécifiques à la thématique traitée. Durant cette étape, nous familiarisons les commanditaires avec la structuration des informations géographiques : structuration des données en couches cartographiques, objet cartographique associé à une base attributaire, principe de superposition, d'indicateurs géostatistiques, etc. Ces échanges concernent principalement les services techniques, mais donnent également lieu à des communications orales devant les décideurs, au moins pour présenter l'état d'avancement. Cette démarche de vulgarisation

permet notamment de communiquer sur les possibilités offertes par les TIG et accompagne le passage à la troisième étape : produire des *informations pertinentes* au regard de la question initialement posée.

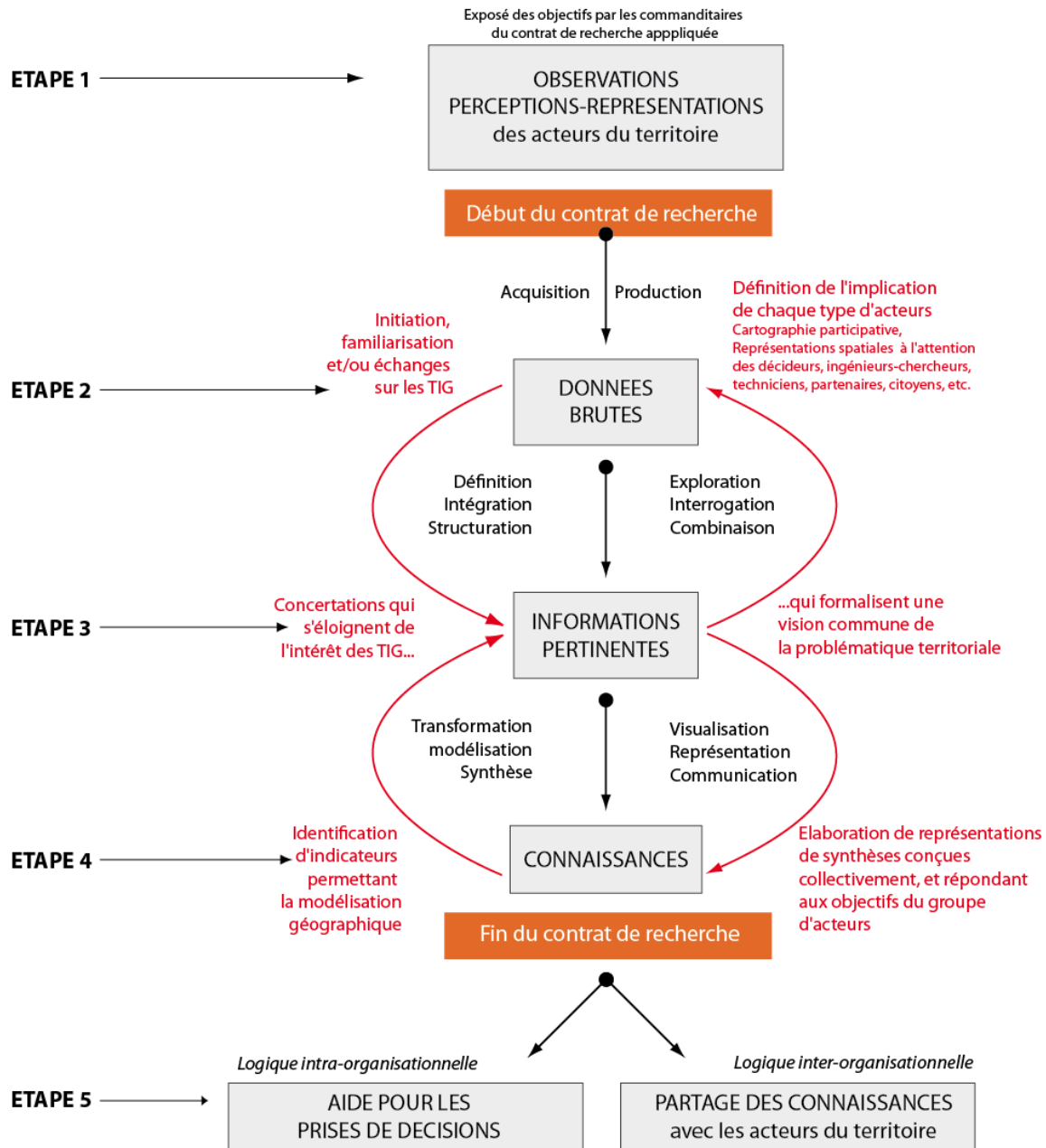


Figure 7 : Le cadre analytique de la recherche-actions, une méthodologie commune dans les actions-recherche

La troisième étape est atteinte lorsque l'infrastructure de données spatiales se stabilise : les représentations des objets géographiques réels sous forme de primitives topologiques (points, lignes, polygones) sont adoptées par les acteurs, les entités géographiques (parcelles,

communes, réseaux routiers, bassins de vie, etc.) et les sources d'informations attributaires sont définies et arrêtées. Entre la troisième et la quatrième étape, il ne s'agit plus seulement de produire des cartes descriptives ou de localisation : les processus de modélisation visent à formaliser une nouvelle connaissance (le plus souvent identifier une géodynamique, un déséquilibre géographique, etc.) concernant le territoire, en répondant à la problématique initiale et dans un consensus des différents acteurs participant à cette avancée.

La quatrième étape marque la fin de la collaboration avec le commanditaire pour ce qui concerne le contrat de recherche. Pour cela, les objectifs initiaux doivent avoir été atteints, notamment avoir produit une nouvelle connaissance territoriale (comprise et adoptée par le groupe d'acteurs participant) formalisée sous forme de cartes afin d'aider les décisions des gestionnaires du territoire compétents sur le problème posé.

Il reste une cinquième étape, hors du champ du contrat de recherche, qui relève spécifiquement des logiques intra et inter organisationnelles de la collectivité ou du groupe d'acteurs : l'usage des résultats obtenus. Comme le montre la figure 7, deux types de valorisation sont possibles et nous intéressent au premier plan :

- les prises de décisions s'appuient-elles finalement sur ces nouvelles représentations spatiales issues de la concertation des acteurs impliqués ?
- les nouvelles représentations spatiales faisant état d'une nouvelle connaissance pour le territoire sont-elles communiquées et partagées avec d'autres acteurs territoriaux ?

A ce stade (l'après-étude), nous ne sommes plus acteurs mais observateurs. Pour connaître les usages des représentations spatiales produites au cours des concertations des trois étapes précédentes, nous avons suivi l'avancée des *réalisations* par des contacts ponctuels avec nos anciens interlocuteurs, surveillé la médiatisation locale des opérations d'aménagement en cours, consulté les évaluations réalisées en interne, et au final, en conduisant de nombreux entretiens (complémentaires) durant les années 2009 et 2010 sur la traçabilité des résultats des diagnostics territoriaux, et/plus particulièrement sur leur prégnance dans les actions en cours.

Nous verrons que les participations des acteurs territoriaux ont été différentes en fonction de la nature du cadre de concertation (Groupe de Travail d'experts, Commissions Thématiques ou Conseils Communautaires des collectivités territoriales, relation quasi exclusive avec un service technique, etc.). Le temps nécessaire à l'analyse critique de la valorisation des résultats (étape 5) est essentiel et contraint véritablement à des relations durables, fréquentes et de confiance avec les acteurs territoriaux.

Les méthodes et les outils que nous présentons ici sont perfectibles par des experts des domaines thématiques abordés, y compris les méthodes géomatiques. Notre réflexion géographique souhaitait être au plus proche des réalités sociales, professionnelles et territoriales : les conseils méthodologiques proposés dans les cadres de concertations des actions-recherche sont d'abord le résultat de consensus au sein d'un groupe interdisciplinaire, et au final validé par le commanditaire du programme de recherche (parfois dans une certaine frustration de notre part). Notre méthodologie permettait le plus souvent de proposer plusieurs approches géomatiques afin que les acteurs territoriaux contribuent activement à finaliser la méthode propre à l'action-recherche. Elles sont ainsi le reflet d'une démarche pluridisciplinaire, collective et concertée, prenant en compte le niveau de culture géomatique des acteurs territoriaux impliqués.

Ce doctorat est construit sur l'analyse critique de ces actions-recherche, car cette réflexion menée à posteriori a permis une plus grande liberté d'expression, n'obligeant pas à un consensus méthodologique (voire de communication des résultats) en raison d'un calendrier contraignant ou de notre statut de simple prestataire.

Conclusion du chapitre I

Notre démarche méthodologique consiste donc à mettre à disposition d'acteurs, des TIG adaptées aux besoins exprimés lors de la réalisation de diagnostics territoriaux. Le protocole d'étude, obligeant à des réunions de travail fréquentes et régulières, nous a permis de comprendre chaque étape de la concertation et des prises de décisions. Nos collaborations avec les services techniques nous ont également permis d'identifier les facteurs contextuels favorables à l'émergence des SIG dans différentes structures territoriales, et à leur pérennisation. Les TIG sont ainsi considérées comme une interface permettant de simplifier la complexité du monde réel dans un modèle numérique. Perçues comme une cartographie interactive avec laquelle les acteurs échangent, elles mettent en évidence la cohérence (ou l'incohérence) spatiale des prises de décisions par les acteurs du territoire. Elles permettent ainsi de diagnostiquer des inégalités spatiales et de simuler des scénarii pour aider aux décisions, du moins le dit-on.

Le positionnement scientifique ne fut pas simple à établir : ce travail souhaitant contribuer à l'avancée des connaissances sur la géomatique dans les territoires, notre approche géographique s'inscrit dans un contexte scientifique généralement dominé par des approches sociologiques. Cette insistance sur la dimension géographique de ce travail s'inspire de la définition de Michel Lussault³¹, qui décrit l'objet géographique comme un construit cognitif permettant d'appréhender un phénomène spatial :

« Ainsi, pour connaître la dimension spatiale de la société et de l'existence des individus, il n'existe pas de voie directe, qui consisterait simplement à regarder, observer une réalité spatiale qui nous serait extérieure. On doit en passer par la médiation de construit cognitif qui permet d'assembler ce que nous saisissons des phénomènes sociétaux en une configuration qui assure de pouvoir les analyser et les penser. Le géographe appréhende donc l'espace en créant des objets géographiques qui supportent son travail de spécialistes, deviennent ses terrains... »

(Lussault, 2003)

³¹ Dans le *Dictionnaire de La géographie et de l'espace et des sociétés* (Dir. Levy et Lussault, 2003)

Le géographe crée donc l'objet géographique afin d'en dessiner les contours tant géométriques que conceptuels dans une démarche constructiviste. En ce sens, la définition de l'objet géographique est d'abord un construit méthodologique permettant d'appréhender un objet, d'en suivre les évolutions, et d'apprécier ses interactions dans l'espace géographique. Nous appliquons cette réflexion théorique à notre recherche en tentant de cerner les contours géographiques d'un SIG (ou d'un groupe d'acteurs se référant collectivement aux TIG) pour produire une valeur collective utile à la planification, la gestion et au développement des territoires. *In fine*, l'objectif est donc d'étudier *la répartition spatiale des différents systèmes de production et de consommation de l'information géographique* dans un territoire régional.

Dans bien des domaines, le caractère opérationnel de ces technologies les ont rendues presque indispensables (secours d'urgence, implantation d'entreprises, gestion des aides agricoles...). **Qu'en est-il aujourd'hui dans le domaine de la gestion des territoires ? Quelles sont les contributions effectives (voire efficaces) des TIG ? Sont-elles devenues des outils de surveillance permettant la coordination d'une politique territoriale en cohérence avec les besoins du territoire ?** Le point commun entre toutes les actions-recherche sélectionnées pour cette réflexion sur les TIG et l'aide à la décision, réside dans le fait qu'elles ont toutes consisté à créer un cadre de concertation pour la mise en place d'outils et de méthodes optimisant les prises de décisions sur une problématique territoriale dépourvue de représentations spatiales réglementaires. Les acteurs territoriaux, souvent contraints par des cadres juridiques et législatifs, doivent tout de même faire les choix de la distribution géographique des actions qu'ils souhaitent conduire sur le territoire. Malgré tout, de nombreuses géodynamiques dessinant l'avenir des territoires échappent à leur gouvernance, à leur politique de gestion, voire sont parfois tout simplement mal connues et gérées au gré des opportunités : implantations de logements sociaux, déplacements résidentiels des populations, distribution géographique des cas incidents de cancers au regard de l'environnement, etc.

Partant d'interrogations sur les contributions de la géomatique dans le processus décisionnel des gestionnaires de territoires, les questionnements visent (dans un premier temps) à faire

l'état des lieux et les perspectives d'évolution de la géomatique dans les structures ayant en charge des compétences territoriales reconnues (intercommunalités et collectivités territoriales). En ce début de décennie 2010, nous nous interrogeons également (dans un second temps) sur les capacités des TIG à faciliter l'expression de nouvelles préoccupations territoriales permettant d'intégrer des acteurs très spécialisés (dans ce travail, les géo-épidémiologistes) dans les cadres de concertation des gestionnaires territoriaux.

Géomatique et gestion des territoires

Un usage spécifique des TIG selon les échelles spatiales des compétences territoriales

« Les sciences humaines et sociales se penchent de longue date sur les rapports entre la société et l'essor des techniques. Mais dans le cas des SIG, nous n'avons pas affaire à un objet technique « distant » du corps social ; au contraire, il s'insère de plus en plus dans les organisations. Chargé de rendre compte entre autres de la marque humaine sur le territoire, il contribue à le gérer et induit donc à réfléchir sur la transformation qu'il génère et sur l'appropriation éventuelle par le corps social. »

(J. Soumagne, 2004)

Sommaire de la première partie

GEOMATIQUE ET GESTION DES TERRITOIRES

Un usage spécifique des TIG selon les échelles spatiales des compétences territoriales

Introduction de la première partie	67
Entre 2000 et 2010, une évolution considérable de la culture géomatique	68
Une étude de cas à grande échelle : <i>géomatization</i> des intercommunalités	71
Une étude de cas à petite échelle : diagnostics territoriaux pour le Conseil régional	72

CHAPITRE II

SIG ET INTERCOMMUNALITES

Historique des pratiques géomatiques dans les intercommunalités de Brive-la-Gaillarde (1999-2009)	75
--	-----------

CHAPITRE III

SIG ET COLLECTIVITES TERRITORIALES

Pratiques géomatiques contemporaines au Conseil Régional Limousin	151
--	------------

Conclusion de la première partie	249
Les évolutions majeures liées à des facteurs extérieurs aux organisations (2000-2010).....	249
Bilan de la contribution de la géomatique dans le cycle de la gestion territoriale	252
Des pratiques communes mais des usages différenciés selon les échelles de compétences	256

Introduction de la première partie

Dans le contexte scientifique décrit au début de ce travail, nous définissons l'*usage* de la géomatique selon Millerand (1998) :

« L'*usage* renvoie à l'utilisation d'un média ou d'une technologie, repérable et analysable à travers des pratiques et des représentations spécifiques (...) » (suite p.22).

Cette première partie traitant des principaux utilisateurs de la géomatique, il convient de préciser le terme de *pratiques* géomatiques dans la gestion territoriale, tout du moins l'une de ses définitions à laquelle nous adhérons.

« L'*usage* est plus restrictif et renvoie à la simple utilisation tandis que la *pratique* est une notion plus élaborée qui recouvre non seulement l'emploi des techniques (l'*usage*) mais les comportements, les attitudes et les représentations des individus qui se rapportent directement ou indirectement à l'*outil* » (Jouët J., 1993)

Se poser la question des pratiques géomatiques ne consiste pas seulement à s'interroger sur la nature de l'information géographique et le niveau technique des utilisateurs : il faut également considérer les *individus qui se rapportent directement ou indirectement à l'outil*. Le modèle des perceptions et des représentations différenciées des TIG dans les pratiques professionnelles (des techniciens, chefs de service et décideurs) proposé par Roche dès 1997 (cf. chapitre I.I. *Contexte scientifique*), est fréquemment cité et/ou discuté dans les publications scientifiques ou les travaux universitaires afférents à la géomatique (Habilitation à Diriger des Recherches de Thierry Joliveau (2004) ou la thèse d'Eric Langlois (2006) par exemple).

Bien que fréquemment utilisé, ce modèle de perceptions et de représentations des acteurs territoriaux n'a pas été réactualisé. Réfléchi et conçu il y a plus de 10 ans, selon des technologies CAO/DAO/SIG³² anciennes de services municipaux plus ou moins bien dotés en personnel technique, il mérite d'être discuté à l'égard des évolutions des pratiques géomatiques de ces dix dernières années.

³² CAO; cartographie assistée par ordinateur, DAO : dessin assisté par ordinateur, SIG : système d'informations géographiques

Par ailleurs, dans le cadre d'un questionnement sur les usages de la géomatique dans la gestion territoriale, la France se distingue par la richesse, la diversité et le nombre d'acteurs territoriaux engagés dans les politiques locales comme régionales. Parfois qualifiée de « mille-feuilles », parfois distinguée par la diversité de ses politiques publiques, la gestion territoriale en France est ainsi composée de jeux d'acteurs très complexes. Pour ce travail, nous avons choisi de consacrer cette première partie à l'évolution de la géomatique dans des structures territoriales qui nous semblent avoir été privilégiées en aménagement du territoire au cours de la décennie 2000-2010 : les intercommunalités et les conseils régionaux.

Entre 2000 et 2010, une évolution considérable de la culture géomatique

Depuis 2000, les objectifs prioritaires de la communauté des géomaticiens français ont consisté à *échanger, diffuser, et partager la connaissance du territoire*³³. Ce leitmotiv est en grande partie lié aux avancées technologiques dans le domaine des réseaux informatiques (serveurs pour l'intranet comme pour l'internet) et de l'amélioration des procédures d'interopérabilité entre les bases de données (projection géographique, identification des entités standardisées sur des codifications nationales et /ou internationales, catalogage des métadonnées, etc.).

La démocratisation des outils a aussi permis une large diffusion d'informations géographiques par les producteurs nationaux de référentiels géographiques (IGN, Insee, BRGM...) qui ont vu le coût de commercialisation de leurs produits s'effondrer au fil de la décennie. Progressivement, ces grands organismes ont suivi la communauté des géomaticiens sur le partage et la diffusion d'informations géographiques, et ont mis en place les premiers sites de webmapping (ou « géoportail ») permettant la consultation des référentiels les plus utilisés. Les temps de réponse de l'ordre de la seconde sur les réseaux en ligne ont ainsi ouvert ces technologies au grand public, d'abord par des applications généralistes tel que *Google Earth* ou le *Géoportail de l'IGN*, puis par des applications dédiées (les GPS embarqués par exemple), jusqu'à mettre en valeur l'interactivité des antennes GPS pour une géolocalisation dans les réseaux d'amis (*Facebook, Twitter...*), le tout consultable sur la téléphonie mobile ou en 3G. La décennie 2000 témoigne ainsi d'un nombre important

³³ Leitmotiv mis en avant par Henri Pornon dans son article *Bilan et perspectives de 20 années de géomatique* (2007).

d'innovations technologiques qui ont eu un impact sur la culture géomatique de chaque individu, mais également dans la plupart des organisations.

Dans les collectivités, les différents acteurs (techniciens, ingénieurs et décideurs) n'ont pas échappé à cette généralisation de la culture géomatique, et l'ont parfois intégrée dans leurs pratiques professionnelles (surtout si l'organisation disposait déjà d'un SIG). Les changements individuels de perceptions et représentations des TIG qui nous ont le plus marqué concernent en premier lieu les chefs de services et les élus, de plus en plus demandeurs de représentations spatiales de leurs territoires de compétences pour les diagnostics territoriaux, l'aide à la décision, le suivi d'actions ou d'opérations d'aménagement, et (très souvent) pour la communication. En effet, nous verrons qu'après une décision, il est souvent nécessaire de développer un argumentaire présentant la solution retenue.

Cette élévation générale de la culture géomatique a discrètement eu une conséquence non négligeable : un estompage progressif de l'effet « nouvelles technologies » dans les collectivités au profit de système plus opérationnel, plus « aménagiste ».

Sur la figure 8, nous avons superposé les axes factoriels de la classification des SIG (que nous avons déjà exposés dans le chapitre I), avec les actions-recherche présentées dans cette partie (chapitres II et III). La dernière remarque concernant l'estompage de l'effet « nouvelles technologies » montre que ce repère de classification mérite d'être discuté : le niveau le plus bas (à gauche) de la culture géomatique (axe horizontal) ne prévaut plus ; la graduation quant à *l'avis critique sur les TIG* et aux implications sur *le processus de réflexion territoriale* doit donc être redéfini. Ensuite, l'actualité technologique de la géomatique nous conduit rapidement à penser que la récente montée en puissance des géoportails web (avec des fonctionnalités de consultation, de requêtes attributaires et spatiales, de préparation à l'édition) représente peut être la fin d'une pratique autonome de la géomatique (et particulièrement de l'analyse spatiale) dans les applications « métiers ». Comme précédemment, il ne s'agit pas d'avoir une position extrême, mais cette démocratisation des interfaces SIG administrées par un seul référent géomatique (principe du géoportailweb) interroge quant au point le plus élevé de la graduation verticale dépendante de la structure organisationnelle.

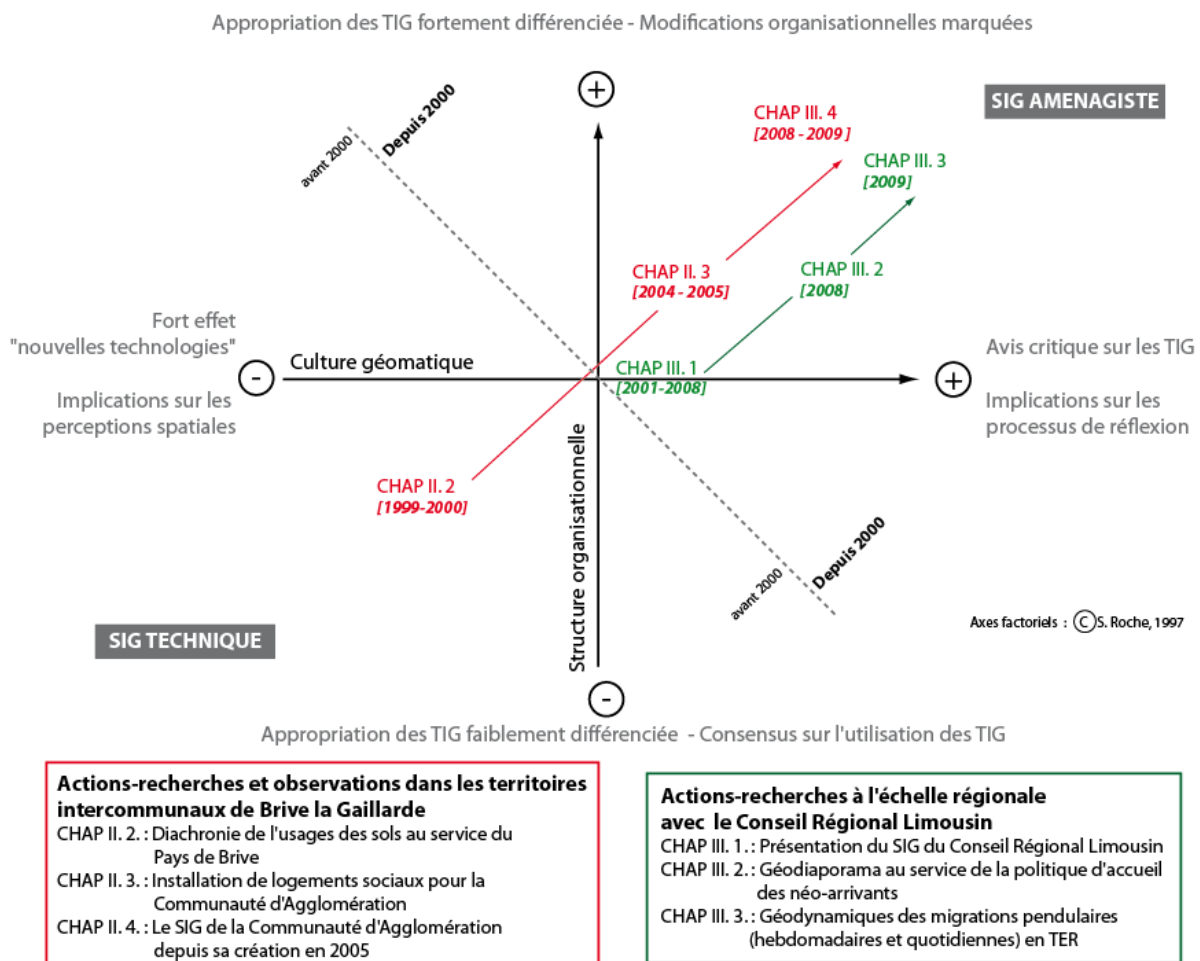


Figure 8 : Chronologie de l'approche rétrospective sur les SIG et de l'approche prospective de l'usage des TIG, dans les prises de décisions de la gestion territoriale

Si nous observons la distribution de nos actions-recherche conduites après 2000 (5 sur les 6 présentées dans le fil conducteur de cette partie), elles se situent toutes dans la partie supérieure droite de la figure 8, c'est-à-dire dans une tendance de *SIG aménagiste*, en opposition au *SIG technique*. Bien qu'une graduation soit encore possible, le niveau de culture géomatique et les dimensions organisationnelles se sont modifiées durant la décennie 2000-2010, rendant peut être obsolète la vision d'un SIG strictement *technique*, dont l'archétype serait (par exemple) de se féliciter de la production en interne d'une carte de localisation d'équipements, sans qu'il n'y ait de géomaticien (ou de cartographe) dans la collectivité : une situation loin d'être ubuesque il y a une dizaine d'années.

Comme nous l'avons précisé dans le premier chapitre, cette partie consacrée à l'émergence des SIG chez les gestionnaires des territoires a été réalisée grâce à deux collaborations de long terme : la première avec les acteurs du territoire de Brive la Gaillarde (en rouge sur le graphique de la figure 8) et la seconde avec le Conseil Régional du Limousin (en vert). Dans cette introduction, nous présentons rapidement la pertinence des deux échelles spatiales pour notre réflexion à travers ces deux types d'institutions.

Une étude de cas à grande échelle : géomatization des intercommunalités

La première action-recherche présentée a été conduite en 1999, une période géomatique révolue à l'égard des outils et des bases de données mobilisables à l'époque. Nous avons collaboré avec une structure intercommunale composée de 40 communes en charge de réaliser le Schéma Directeur de Pays (chap. II.2). Cette première expérience constitue le point 0 à partir duquel nous pouvons mettre en évidence l'évolution de la culture géomatique des acteurs (élus, chefs de services, chargé de missions et techniciens) avec lesquels nous collaborons de nouveau en 2004 et 2005 pour une expérience de cartographie participative (chap. II.3) incluant toute la chaîne de décision de la communauté d'agglomération. L'objectif principal de cette action-recherche fut de stimuler l'intérêt intercommunal dans la gestion territoriale de la collectivité, qui se traduit ici par des actions de préemption foncière sur l'ensemble du territoire afin d'optimiser l'implantation de logements sociaux. Dans un dernier temps, (chap. II.4) nous nous sommes arrêtés sur les fonctionnalités du SIG de la collectivité et des missions qui lui étaient assignées depuis 2005 (grâce à de nombreux entretiens avec différents acteurs de la collectivité).

Une attention particulière a été portée à cette collaboration pour ce qui concerne le rapport entre la structure intercommunale et les communes-membres, en d'autres termes la place de la géomatique dans la spécificité de l'intercommunalité. La Communauté d'Agglomération de Brive dénombre environ 80 000 habitants, dont plus de 50 000 sur la commune de Brive. Cette intercommunalité allie donc cette-ville centre à des communes allant de 372 habitants pour La Chapelle au Brocs à 7 345 habitants pour Malemort-sur-Corrèze (une large majorité des 15 communes-membres se situe entre 800 et 2200 habitants). Ces petites communes ne pouvaient se doter de moyens leur permettant d'intégrer la géomatique dans leur fonctionnement communal particulièrement consacré à la gestion du foncier ou à la révision

des documents d'urbanisme. Leur adhésion à une structure intercommunale (pas toujours volontaire, mais jamais contrainte) leur permet d'accéder à une mutualisation des ressources, et pour ce qui nous concerne, celles des TIG. Nous verrons par exemple comment une structure intercommunale conçoit que son SIG doit, en partie, être au service des compétences territoriales de ses communes-membres afin d'optimiser son propre fonctionnement et acquérir un statut stratégique dans les jeux d'acteurs territoriaux locaux.

Une étude de cas à petite échelle : diagnostics territoriaux pour le Conseil régional

Concernant la seconde collaboration, avec le Conseil Régional, l'intérêt porte surtout sur la contribution des TIG aux réflexions adaptées à la gestion territoriale à petite échelle. Lorsque le territoire de compétence s'étend sur 17 000 km², et que les compétences territoriales concernent des sujets aussi divers qu'importants (l'accueil des populations, l'enseignement professionnel, les transports ferroviaires, etc.), quels sont les outils et méthodes permettant de conduire des diagnostics territoriaux sur des thématiques aussi variées, et qui nécessitent une compréhension de l'objet d'étude à différentes échelles spatiales et temporelles ?

Comme nous l'avons déjà précisé, le Conseil Régional a connu une période « d'ajustements » concernant la mise en place de ses outils d'aide à la décision. Si le SIG a constitué une avancée en la matière jusqu'en 2006, la contribution s'est ralentie lorsque les inventaires des entités géographiques ont été terminés et que les analyses nécessaires aux *diagnostics* dans la préparation des prises de décisions ont fait défaut (analyses des besoins, des potentiels et des contraintes dans le territoire, cf. commentaire de la figure 6). Pour diverses raisons (mais d'abord une surcharge de travail des agents de chaque service technique également responsable des réalisations sur le terrain³⁴), ce hiatus se renforçait dans le système organisationnel du Conseil régional jusqu'en 2009, période à laquelle une cellule *Etudes et Perspectives* a été mise en place. Si l'externalisation (presque totale) de ces travaux ne satisfaisait pas les responsables des services techniques de la collectivité, il nous a permis de nous familiariser avec un domaine difficile à appréhender : l'aide (et/ou la préparation) aux décisions au Conseil régional Limousin.

³⁴ Information issue d'entretiens conduits en 2009 auprès de chargés de missions de la *Direction Infrastructures et Transports* ; information confirmée par le responsable SIG et validée pour la majorité des services techniques du Conseil Régional

Après une présentation du SIG mis en place depuis 2001, de ses principales fonctionnalités et de ses modalités d'accès pour les agents et les élus de la collectivité, nous insistons sur deux actions-recherches réalisées à la fin de cette décennie (2008 et 2009).

La première propose un géo-diaporama des néo-arrivants en Limousin entre 1990 et 1999, qui formalise le premier document analytique régional s'intéressant aux inégalités géographiques de l'arrivée de nouvelles populations. La Région Limousin a très tôt mis en place une politique d'accueil des populations, consciente des enjeux démographiques pour son territoire. Le besoin d'approfondir et d'actualiser ses connaissances sur ces flux migratoires entrants se faisait sentir depuis 2006, date à laquelle un *Observatoire des migrations en Limousin* était envisagé. Cet observatoire ne voyant pas le jour, la *Direction de l'aménagement durable des territoires (service accueil et territoires)* du Conseil régional a sollicité GEOLAB (UMR CNRS 6042) pour la confection d'un document contribuant à une meilleure connaissance des flux migratoires entrants, des profils des migrants, et enfin des spécificités infrarégionales à l'égard de ces flux.

La seconde action-recherche concerne l'efficacité des déplacements sur le réseau des Transports Express Régionaux (TER). Ce mode de transport constitue l'un des premiers postes de dépenses de la Région. En 2011, le Conseil Régional devra choisir l'exploitant des lignes ferroviaires dans un marché nouvellement ouvert à la concurrence (en respect avec la législation européenne). Un diagnostic territorial a donc été décidé afin de disposer d'un document actualisé traitant de la fréquentation spatio-temporelle (mots clés : *où* et *quand*) : l'analyse est centrée sur la fréquentation actuelle et le potentiel de développement de chaque ligne et de chaque gare du réseau. L'objectif fut de formaliser des connaissances inédites, de sorte à influencer sur les modalités d'exploitation du futur prestataire (suggestions sur les horaires, le cadencement en fonction des lignes, des gares desservies, etc.). Ce second diagnostic a également été réalisé à l'attention du *Pôle Aménagement du territoire* mais en collaborant avec une *Direction* différente : la *Direction* du service *Transports et déplacements*.

Nous avons volontairement choisi des domaines d'actions particuliers de la gestion territoriale à petite échelle : la politique *d'accueil des populations* comme les actions à l'égard des *Transports Express Régionaux* sont réfléchies en fonction de géodynamiques migratoires à différentes échelles spatiales et temporelles. La compréhension des processus spatiaux en

cours est un préliminaire obligatoire pour l'identification des « leviers d'actions » dont dispose ensuite le Conseil Régional en tant que gestionnaire du territoire.

Ainsi, la question principale posée dans cette première partie revient à comprendre les différences et les points communs dans le processus d'aide à la décision appuyée par des TIG, au regard des problématiques de gestion territoriale à grande échelle (dans un cadre de concertation intercommunale impliquant 15 communes et environ 80 000 habitants), et celui adapté à une gestion territoriale à petite échelle³⁵ (dont les politiques publiques et les moyens d'actions concernent 747 communes et plus de 731 000 habitants).

Cette réflexion sur les échelles spatiales et la nature des compétences territoriales de chacune de ces institutions, est issue de l'application de notre démarche méthodologique (figure 7) sur quatre actions-recherche explicites et représentatives des pratiques géomatiques de ces organisations territoriales. Ces collaborations ont ainsi permis d'étudier les SIG mis progressivement en place par ces institutions, leurs évolutions technologiques et les principales missions qui leurs ont été assignées, et assurées, au cours de la décennie 2000.

La contribution de la géomatique dans les prises de décisions territoriales est une mission très souvent mise en avant pour justifier l'intégration de la technologie dans l'institution. Nous avons tenté, dans cette partie, de resituer cette mission fondamentale dans son contexte chronologique (évolutions depuis 2000), organisationnel (structuration du SIG et ensemble des missions assignées), géographique (deux territoires aux extrêmes des échelles spatiales de la gestion territoriale infrarégionale), et méthodologique (analyse détaillée de la phase *diagnostic* dans le cycle de la gestion territoriale).

³⁵ même si les *réalisations* et leurs *suivis* sont des opérations à grande échelle, ces dernières constituent une composante d'une politique réfléchie à l'échelle régionale.

SIG ET INTERCOMMUNALITES

Historique des pratiques géomatiques dans les intercommunalités de Brive-la-Gaillarde (1999-2009)

Actions-recherche en collaboration avec :

SIESDPB : le Syndicat Intercommunal pour les Etudes du Schéma Directeur de Brive

CAB : la Communauté d'Agglomération de Brive-la-Gaillarde

Direction : *Habitat et politique de la ville*

Référents impliqués : Corinne Bournazel, Régis Leymarie, Jérôme Pestel

UMR CNRS 6042 GEOLAB : Laboratoire de géographie environnementale

Intervenants : Farid Boumediene, Clément Lamy, Muriel Lehericy

Sommaire du chapitre II

SIG ET INTERCOMMUNALITES

Historique des pratiques géomatiques dans les intercommunalités de Brive-la-Gaillarde (1999-2009)

Introduction du chapitre II	79
I. Pays et Communauté d'agglomération de Brive-la-Gaillarde (1999-2009)	82
A. Le SIESDPB (1997-2001)	83
B. La CAB (depuis 2001).....	85
II. Etude de cas à l'échelle du Pays (2000) : diachronie de l'usage des sols (1977-1994) au service du Schéma Directeur	88
A. Une quête d'informations géographiques inédites	89
B. Méthodologie et cartographie	91
C. Ce qui se cache derrière l'effet « nouvelles technologies »	99
III. Etude de cas à l'échelle de la Communauté d'Agglomération (2005) : cartographie prospective pour des opérations de préemption foncière permettant l'implantation de logements sociaux	103
A. Relever le défi d'une politique intercommunale sur le thème du logement social	105
B. Référentiels géographiques et cartographie participative	107
C. Bilan de l'outil d'aide à la décision.....	120
IV. Pérennisation du SIG de la CAB depuis 2005.....	127
A. Un géoportail, outil indispensable ?	128
B. Le SIG et les applications « métiers » du géoportail en 2009	133
C. Exemples de démarches géomatiques ponctuelles	141
Conclusion du chapitre II	144

Introduction du chapitre II

Brive-la-Gaillarde, ville-centre d'une agglomération d'un peu plus de 80 000 habitants, est le second pôle urbain du Limousin. Ses stratégies de développement (qui dépassent largement le cadre régional) s'expliquent en grande partie par sa position géographique : un carrefour autoroutier entre l'A20 et l'A89 (figure 9), à l'intersection de trois départements (Corrèze, Lot et Dordogne) appartenant à trois régions différentes (Limousin, Aquitaine et Midi-Pyrénées).



Source : Site internet de la CAB, 2009

Figure 9 : Localisation de Brive-la-Gaillarde

Par ailleurs, sur le plan touristique, cette petite agglomération bénéficie très largement des aménités environnementales de ses espaces périphériques. L'aménagement de l'espace périphérique de ce pôle urbain est donc un enjeu majeur pour le développement maîtrisé de ce territoire attractif (tant sur le plan touristique, résidentiel qu'économique) : une réflexion qui ne peut être qu'intercommunale. La dynamique visant la création du *Pays de Brive* a occupé l'actualité de l'intercommunalité jusqu'au début des années 2000, avant de s'effacer « politiquement » au profit d'une Communauté d'Agglomération et de trois Communautés de Communes. Cette situation, que l'on a pu constater sur la majeure partie du territoire français, s'explique en grande partie par la nature des compétences territoriales transférées sur un territoire plus petit (une échelle jugée plus adaptée aux missions de

l'intercommunalité), et accompagnées de dotations et de moyens appropriés (la taxe professionnelle notamment).

Les structures intercommunales se juxtaposent et/ou se chevauchent ainsi, dans l'espace comme dans le temps, pour finalement assurer différentes compétences territoriales. Ces ajustements spatiaux témoignent d'une recherche constante, par les élus locaux, de l'échelle spatiale pertinente pour une politique d'intérêt communautaire adaptée aux spécificités du territoire (planification, coordination et réalisation d'aménagements), contexte dans lequel la géomatique trouve toute sa place tant pour sa dimension technique que pour fédérer un groupe d'acteurs.

Certains acteurs politiques ont une culture géomatique avancée dans leur pratique professionnelle. Ils la conservent (ou l'importent) dans les différentes organisations où ils exercent au cours de leur carrière. Pour réaliser la recherche-action présentée dans ce chapitre, nous avons collaboré avec le comité syndical de Pays pour les études sur le Schéma Directeur du Pays de Brive (SIESDPB) dès 1999, et nos interlocuteurs étaient encore présents et à l'initiative des expériences conduites avec la Communauté d'Agglomération de Brive (CAB) en 2004 et 2008. Cette situation particulière nous permet de porter un regard critique (sur la décennie 1999-2009) sur les usages de la géomatique en fonction de différentes structures (et donc compétences) intercommunales.

En prenant en compte le contexte national d'évolution de la géomatique, nous avons replacé dans leurs contextes chronologiques les missions assignées aux TIG et les moyens mis en œuvre par les deux intercommunalités du territoire de Brive. Un historique des études qui ont eu recours aux TIG permet ainsi d'apprécier l'intégration de ces technologies et l'évolution de leurs usages dans les pratiques professionnelles des acteurs, durant une période où le contexte de la mobilisation de l'information géographique a fortement progressé en France (normalisation, commercialisation, mise à disposition, mutualisation). Jusqu'en 2005, le territoire de Brive n'a bénéficié des apports de la géomatique qu'à travers les représentations des résultats d'analyses spatiales conduites dans le cadre de synthèses géographiques (contribution au Schéma Directeur, analyse du foncier mobilisable....). En 2005, dès la création d'un service dédié au sein de la CAB, la mise à disposition d'informations actualisées annuellement a été privilégiée, voire exclusive dans un premier

temps. **Quelles ont été les différentes étapes et facteurs contextuels qui ont conduit à une pérennisation des TIG au sein de la Communauté d'Agglomération ?**

En d'autres termes, qu'est-ce qui justifie la mise en place d'un SIG d'une intercommunalité (et non plus des pratiques géomatiques individuelles) durant la décennie 2000 ? De l'analyse d'informations permettant un diagnostic territorial visant une aide à la décision, à la collecte et la structuration d'informations pour les formaliser avant de les mettre à disposition d'acteurs (de la collectivité ou de partenaires), nous avons identifié les missions prioritaires assurées par la géomatique dans le fonctionnement et la stratégie de développement d'une structure intercommunale.

Après une rapide présentation des intercommunalités concernées, nous détaillons deux études antérieures à la création du service SIG de la CAB : la *consommation de l'espace dans le Pays de Brive* (en 1999, pour le compte du SIESDPB) et la *Carte de l'Habitat* (en 2005, pour le compte de la CAB). Si ces deux expériences ont été structurantes sur le plan de la culture géomatique individuelle des acteurs des intercommunalités, la mission d'aide à la décision collective et concertée des TIG mérite d'être discutée. Enfin, nous concluons sur une présentation des missions contemporaines du service SIG créé en 2005.

La figure 10 met en évidence la dimension chronologique privilégiée dans la rédaction de ce chapitre : il s'agit d'apprécier l'historique qui a conduit à implanter la géomatique au sein de la Communauté d'Agglomération, et surtout d'identifier les missions contemporaines du SIG de la collectivité, notamment celles qui animent **la discussion finale : quelles sont les spécificités d'un SIG d'intercommunalité ?**

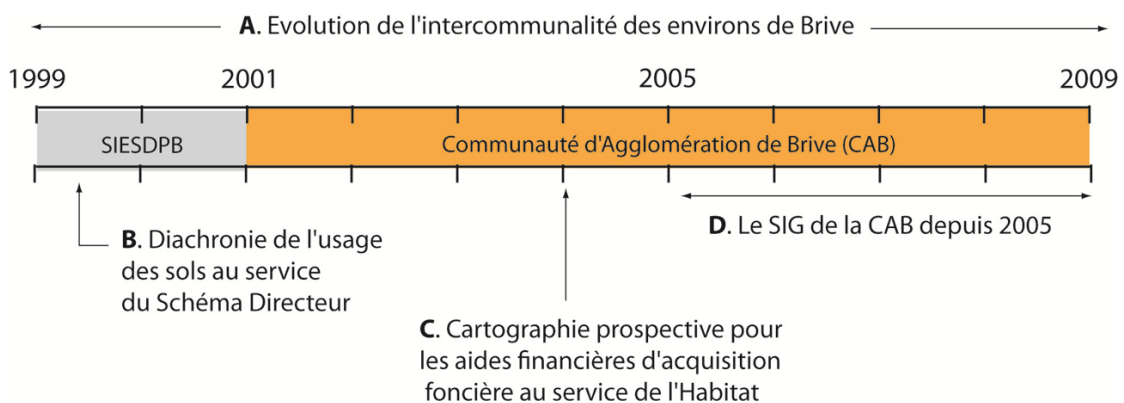


Figure 10 : Structuration du chapitre II sur une logique chronologique

I. Pays et Communauté d'agglomération de Brive-la-Gaillarde (1999-2009)

La loi *Chevènement* du 12 juillet 1999³⁶ a eu un impact décisif dans l'émergence des intercommunalités amorcée depuis la première loi sur le sujet en 1992³⁷. En clarifiant les statuts et en renforçant la cohérence des dotations par des procédés de simplification législative, les communautés d'agglomération et les communautés de communes se sont multipliées dès le début des années 2000, aux dépens des premières configurations d'intercommunalités initiées par la création des Pays.

Entre 1999 et 2009, les acteurs des structures intercommunales avec lesquelles nous avons collaboré (le syndicat intercommunal de Pays et de la Communauté d'Agglomération) ont eu recours aux Technologies de l'Information Géographique à plusieurs reprises, avec des statuts différents et des motivations qui ont évolué. Au cours de cette recherche-action réalisée de façon discontinue sur une période de 10 ans, Régis Leymarie et Corinne Bournazel, les deux chargés de mission du comité syndical de Pays (54 délégués pour 40 communes), sont respectivement devenus Directeur Général Adjoint et responsable du service *Habitat et politique de la Ville* d'une Communauté d'Agglomération de plus de 50 salariés (dotée d'un budget global supérieur à 100 millions d'euros en 2008). Ils ont joué un rôle moteur dans l'intégration des TIG au sein de la Communauté d'Agglomération de Brive. Ces deux interlocuteurs principaux avaient ainsi été initiés à l'usage des TIG lors de leur première mission (au Syndicat de Pays) visant à mettre en place le Schéma Directeur du Pays, et la géomatique les accompagne depuis dans leurs pratiques professionnelles, plus à un niveau aujourd'hui décisionnel que technique. Cependant, la présentation des deux intercommunalités dans cette première partie du chapitre vise à mieux comprendre les contextes dans lesquels cette recherche-action s'est déroulée, car il s'agit avant tout d'étudier la culture géomatique de l'organisation.

³⁶ Loi n°99-586 du 12 juillet 1999 relative au renforcement et à la simplification de la coopération intercommunale

³⁷ Loi du 6 février 1992, mettant en place une fiscalité propre (Taxe Professionnelle Unique)

A. Le SIESDPB (1997-2001)

Le Syndicat Intercommunal pour les Etudes du Schéma Directeur du Pays de Brive (SIESDPB) était un comité syndical mis en place spécifiquement pour la réalisation du Schéma Directeur du Pays. De septembre 1997 à novembre 2000, sous la responsabilité d'un président (Serge Marini, maire de Malemort-sur-Corrèze) et d'un vice président (Bernard Murat, sénateur maire de Brive), les deux chargés de mission ont réalisé un document de planification territoriale engageant 40 communes autour de Brive. Le SIESDPB concernait alors un espace dénombrant plus de 97 000 habitants (près de 40 % de la population départementale) et qui témoignait d'une croissance de plus de 8 % entre 1975 et 1990.

1. La géomatique dans les études du Schéma Directeur de Pays

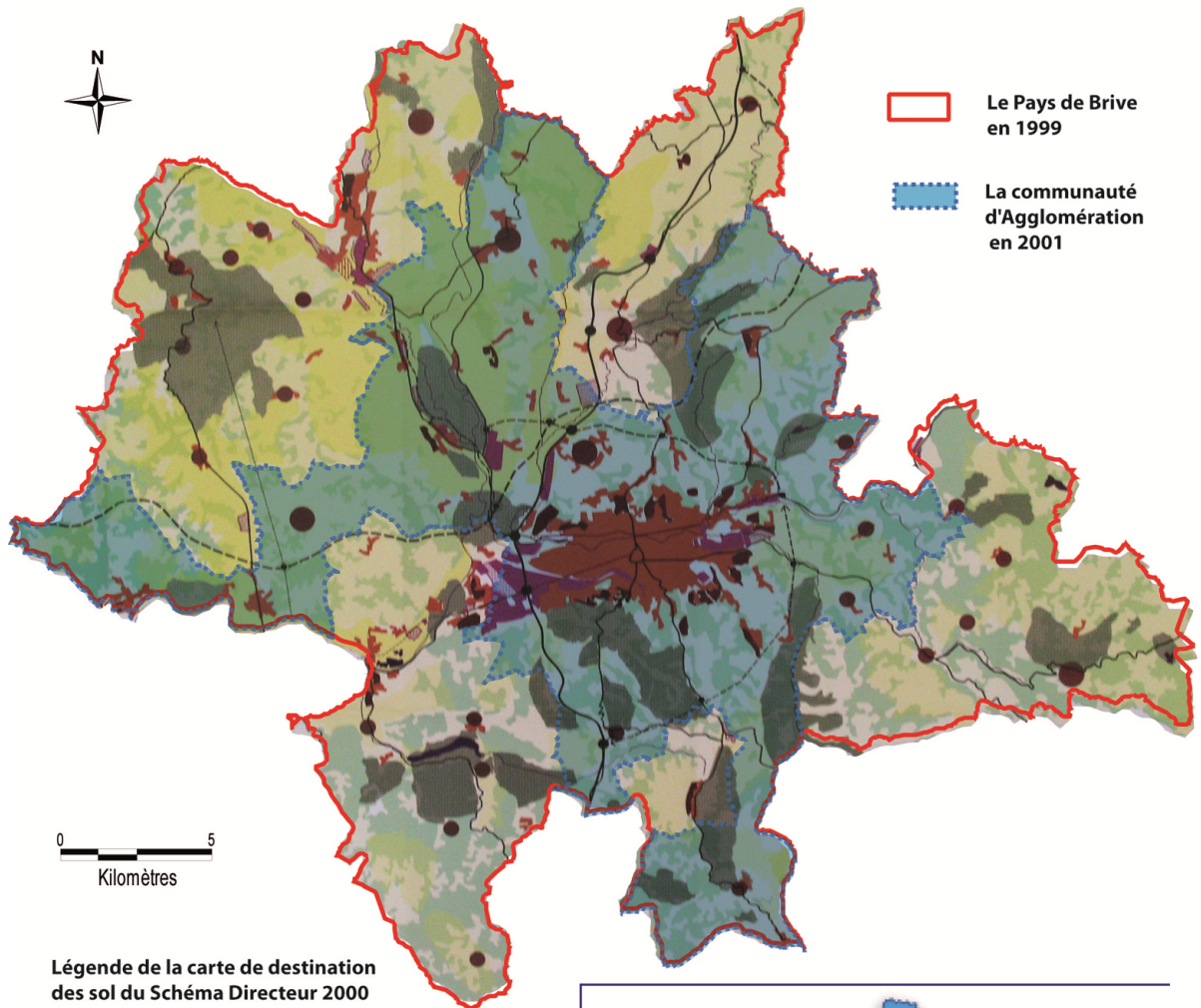
Le projet du Schéma Directeur, approuvé le 29 novembre 2000³⁸, impliquait *une intercommunalité forte sur le développement économique (point d'ancrage de la révision du SDAU), sur l'extension de l'urbanisation, sur l'habitat et sur la cohésion sociale, sur la préservation du patrimoine naturel et paysager tout en prenant en compte les risques naturels et l'activité agricole...*

Dans un premier temps, les missions du SIESDPB consistaient à collecter des informations sociodémographiques, économiques et environnementales pour dresser un diagnostic territorial actualisé. C'est à cette période que nous avons eu la charge de réaliser l'analyse diachronique de l'usage des sols au cours 30 dernières années par photo interprétation³⁹.

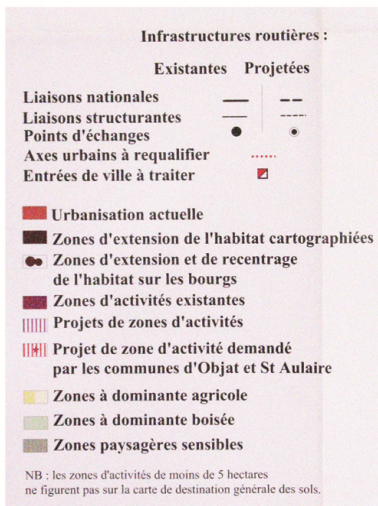
Suite à cette collaboration qui avait permis la conception d'un dispositif technique SIG doté d'une base d'informations spécifiques au territoire, les chargés de missions se sont formés pour acquérir l'autonomie nécessaire à la réalisation des cartes du document « *Etat des lieux et perspectives* » du Schéma Directeur. Après la présentation de résultats intermédiaires en février 2000, une phase de concertation avec les 40 communes adhérentes a consisté à rédiger un projet, tout du moins à dégager les grandes orientations stratégiques prioritaires.

³⁸ Schéma directeur du *Pays de Brive, construire un espace de vie pour demain*, (2001)

³⁹ L'étude « *Consommation de l'espace dans le Pays de Brive* » est présentée dans la partie suivante



Légende de la carte de destination des sol du Schéma Directeur 2000



Source : SD du Pays de Brive (2001), CAB (extraction site internet nov. 2009)

Figure 11 : Schéma Directeur 2000 et superposition de quelques intercommunalités dans les environs de Brive-la-Gaillarde depuis 1999

2. Un Pays devancé par une Communauté d'Agglomération, avant même d'exister

L'approbation à l'unanimité du Schéma Directeur n'a (a priori) nécessité que quelques retouches sur la sémantique des légendes citant les zones d'activité projetées (notamment la légende détaillée de la figure 11). Globalement, un sentiment d'unanimité semblait rallier les 40 signataires d'une vision intercommunale collective illustrée par une carte de destination des sols au 1/50 000. Le tapuscrit du Schéma Directeur revient fréquemment sur le thème de l'intercommunalité. Le comité syndical (dont la durée de vie était égale à celle des études préliminaires au Schéma Directeur) y souligne l'importance d'une structure « forte » portant le projet de création du Pays de Brive. Cependant, malgré cette dynamique d'intercommunalité qui semblait en bonne voie, un autre projet voyait déjà le jour. L'année suivante, la Communauté d'Agglomération de Brive est dotée de compétences qui s'inspirent en grande partie du projet du Schéma Directeur. Entre 2001 et 2004, le projet de création de Pays est alors une « coquille vide » : aucune étude n'est réalisée pour construire cette entité territoriale, et finalement, en 2004, la CAB est alors en charge de coordonner la construction d'un « autre » Pays aux limites géographiques redéfinies par l'agrégat des intercommunalités voisines : les communautés de communes *Vézère-Causse* et *Les portes du Causse* (Elaboration de la charte de Pays en cours, taxon 2008 de la figure 11).

B. La CAB (depuis 2001)

Après la réalisation d'un schéma directeur à échelle moyenne (la carte de destination des sols ne peut être interprétée à une échelle inférieure au 1 / 50 000ème), une Communauté d'Agglomération allait permettre une planification et une gestion du territoire à plus grande échelle. La Communauté d'Agglomération de Brive-la-Gaillarde est créée le 28 décembre 2001. Elle regroupe 15 communes (toutes présentes dans le projet du Schéma Directeur) soit environ 80 000 habitants en 2009. Le conseil communautaire de 63 membres est représenté par un bureau composé du président (le maire de Brive) et de 18 vice-présidents ayant chacun une délégation. Pour prétendre au statut de Communauté d'Agglomération en tant qu'Etablissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI), l'intercommunalité doit regrouper au moins 50 000 habitants (sans enclave) avec une ville centre d'au moins 15 000 habitants. Dans le cas de Brive, la commune centre regroupe à elle seule les 50 000 habitants, soit environ 60 % de la population de l'intercommunalité.

Les compétences territoriales transférées vers la Communauté d'Agglomération sont organisées en cinq services. Deux d'entre eux ont recours à des prestations cartographiques principalement dans le cadre d'illustrations de plaquettes de communication. Les trois autres services plus consommateurs de géomatique, en ont un usage très différent.

1. Les services techniques peu consommateurs de TIG

Tout d'abord, le service de *développement économique* est le point fort pour l'aménagement de ce carrefour géographique (comme le Schéma Directeur le soulignait déjà). Dès sa création la CAB s'est dotée d'une agence de développement économique dont les missions visaient l'attractivité et l'aide à l'installation des entreprises sur son territoire. Cette agence de développement n'existe plus aujourd'hui, mais un service de l'intercommunalité continue cette mission stratégique. Ensuite, au regard du développement touristique actuel et potentiel, le service de *développement économique* fut à l'initiative d'une proposition qui a permis de créer un *Office du Tourisme Intercommunal*. Aujourd'hui, ce domaine d'activités s'inscrit comme une clé de développement du territoire.

Les cartes utilisées par ces services techniques étaient généralement réalisées par des prestataires externes et visaient majoritairement des objectifs promotionnels.

2. Les services techniques aux compétences territoriales favorables au développement d'un SIG

En premier lieu, le service *Aménagement et Transports* utilisait les fonds cartographiques pour des représentations spatiales généralement descriptives dans des études sur les dessertes des transports en commun, l'aménagement des zones d'activités, etc. Le service *Eau, Assainissement et Environnement* est l'utilisateur le plus ancien des techniques géomatiques, par la nécessité d'un accès rapide à l'information sur fonds cadastraux, d'autant que leurs compétences intègrent très tôt la maîtrise d'ouvrage et le suivi des interventions sur le réseau d'assainissement collectif. Enfin, le service *Habitat et politique de la ville*, a rapidement raisonné en superposant les documents d'urbanisme et les cadastres afin de déterminer les espaces privilégiés pour des interventions foncières. Ce service a ainsi proposé la démarche géomatique la plus innovante de l'intercommunalité, obligeant un recours au SIG dans sa

version la plus complète (notamment dans le recours à des référentiels à grande échelle, mais aussi sur les collaborations et participations entre techniciens, chargés de missions, responsables de service et élus-décideurs).

La culture géomatique des acteurs présents au sein de cette structure intercommunale était assez faible lors de sa création⁴⁰. Les seuls usages connus étaient au service *Assainissement* et consistaient à éditer des extraits de plans cadastraux numérisés par des bureaux d'études au cours des études préliminaires aux extensions du réseau. Parmi l'ensemble des compétences de la collectivité, le service *Habitat et la politique de la ville* n'était à priori pas le partenaire le plus évident. Et pourtant, le projet de *Carte de l'Habitat et du foncier mobilisable*⁴¹ s'est révélé le plus novateur et ambitieux à une période où l'information géographique à grande échelle était encore difficilement mobilisable.

Pour conclure, la succession des deux intercommunalités (figure 11) montre une restriction progressive de l'espace au sein duquel le Schéma Directeur de 2000 planifiait les aménagements les plus structurels (zones d'activités, développement d'espaces résidentiels, tracé autoroutier, etc.). Ce changement spatial s'exprime aussi à travers un changement d'échelle pour les outils de planification : à partir de la carte de destination des sols au 1/50000 (Schéma Directeur), les élus locaux de ce territoire ont privilégié une structure territoriale leur permettant de collaborer à plus grande échelle (celle du cadastre). Sur le plan national, les TIG ont joué un rôle fondamental dans ce domaine par les effets de normalisation de l'information géographique, et par conséquent par l'émergence d'un référentiel accrédité pour la gestion foncière⁴².

Comment la mise en place d'un référentiel numérique foncier s'est-il opéré dans le territoire de Brive ? Quelles ont été les évolutions dans les pratiques professionnelles des différents acteurs ? Quelles ont alors été les missions assignées au service SIG dès sa création en 2005 ?

Au cours de cette recherche-action, l'actualité urbanistique du territoire briviste était essentiellement occupée par l'approbation progressive des documents d'urbanisme

⁴⁰ Nous avons organisé des séances d'initiation et de perfectionnement (Formation Continue 2003-2004) pour chaque service à la demande du Directeur Général Adjoint.

⁴¹ Titre du cahier des charges remis au laboratoire de recherche GEOLAB

⁴² EDIGEO, norme (française devenue européenne) exigée dans la représentation numérique du cadastre permettant une accréditation auprès de la Direction Générale des Impôts

réglementaires (Carte Communale et Plan Local d'Urbanisme) qui relèvent d'abord des compétences communales. En 2009, bien que l'ensemble des documents d'urbanisme soient approuvés, ils constituent une sorte de « patchwork » territorial sans véritable concertation intercommunale. En fait, seul le Schéma de Cohérence et d'Orientation Territoriale (SCOT) obligerait une entente intercommunale urbanistique exprimée et représentée à l'échelle du foncier. Dans le territoire de Brive-la-Gaillarde, le SCOT est (en 2009) à l'état de réflexion avancée en se projetant sur 74 communes (dont la gestion sera probablement à la charge d'une nouvelle *structure intercommunale forte*⁴³).

II. Etude de cas à l'échelle du Pays (2000) : diachronie de l'usage des sols (1977-1994) au service du Schéma Directeur

En 1999, si les informations démographiques et socio-économiques (généralement commercialisées par l'INSEE) sont abondantes, ce n'est pas le cas de l'information géographique référentielle. Le produit « phare » de cette période est le SCAN25 de l'IGN dont le coût est encore trop élevé pour des petites structures. Le référentiel géographique facilement accessible est la BDcarto (référentiel acceptable au 1/50 000). Les matériaux nécessaires à la conduite de l'étude commandée par le SIESDPB devaient permettre une analyse diachronique de l'usage des sols. En 1999, la seule source d'information accessible sur cette thématique était la couverture cartographique Corine Land Cover de l'IFEN, réalisée en 1996, mais exploitable seulement au 1/100 000. La BDortho de l'IGN (photographies aériennes de 1999 avec une résolution de 50 cm sur le terrain), ne sera accessible pour ce territoire qu'à partir de la fin de l'année 2000.

Le cahier des charges rédigé par le comité syndical de Pays (en juin 1999) visait deux objectifs. Le premier consistait à produire une étude identifiant les évolutions de la consommation de l'espace sur la période contemporaine (30 dernières années). Le second consistait à fournir une plateforme technique dont les fonctionnalités SIG devaient accompagner les chargés de missions dans l'élaboration du Schéma Directeur.

⁴³ En référence au paragraphe II.A.1.b *Un Pays devancé par une Communauté d'Agglomération, avant même d'exister*

A. Une quête d'informations géographiques inédites

Cette première expérience géomatique était donc particulièrement ambitieuse à cette période puisqu'il fallait constituer une base de données inédite sur le thème de l'occupation des sols. Elle s'inscrivait dans la première phase du schéma directeur, c'est-à-dire *l'Etat des lieux*. Cependant, dès les premiers échanges, les résultats devaient trouver une continuité dans la seconde phase : la construction du projet spécifique au territoire briviste. Bien que la grande majorité des intercommunalités d'espaces ruraux ne disposait pas encore de SIG, les deux chargés de mission souhaitaient acquérir un outil d'aide à la décision. Si le terme de SIG n'était pas mentionné dans le cahier des charges, ce dernier décrivait un ensemble de données quantitatives et qualitatives localisées dans l'espace, mises en relation afin d'en connaître la répartition, la distribution, les interactions, les combinaisons ou oppositions, et d'en déduire un schéma simplifié des dynamiques territoriales en s'appuyant sur un indicateur principal : le changement d'usage des sols.

1. Une vision simplifiée de l'usage des sols

Assez rapidement, nous avons arrêté une typologie composée de quatre grands ensembles géographiques :

- les espaces urbanisés : cet ensemble se définissait initialement par l'espace résidentiel. Cependant, les objectifs concernaient en réalité l'espace artificialisé à l'exception des zones d'activités. Ainsi, les parkings, les jardins et les cimetières y ont été ajoutés.
- Les espaces d'activités : initialement, il s'agissait uniquement des zones d'activités de type industriel et commercial. Nous y avons ajouté des espaces témoignant d'une forte fréquentation humaine telle que les bases de loisirs, les stades.... Dans la même logique les hangars, les élevages hors sol, les serres ou même encore les stabulations ont aussi été classés dans ce type.
- Les espaces agricoles : l'espace agricole se définit donc ici, non pas par l'activité agricole dans sa globalité, mais plutôt par les milieux ouverts présentant des cultures permanentes ou temporaires, les prairies etc. L'arboriculture a posé de sérieuses difficultés dans la réalisation de la cartographie en raison des risques de confusion avec la forêt. Mais grâce au travail de terrain lors de la campagne de validation des cartes, ces espaces ont finalement pu être rattachés à l'espace agricole.

- Les espaces boisés : ce dernier ensemble regroupe tous les espaces densément ou faiblement boisés.

Cette typologie est très certainement critiquable, en particulier lorsque nous avons assimilé des stabulations aux espaces d'activités. Cependant, ces choix sont issus de la concertation avec les chargés de mission du comité syndical de Pays, pour qui la répartition de ces entités géographiques constituait une matière pertinente tant pour la réalisation de l'étude que pour ses continuités dans le cadre du schéma directeur.

2. Objectifs des commanditaires

L'objectif clairement défini était de fournir des documents de réflexion fondés sur la connaissance du fonctionnement spatio-temporel de l'espace étudié afin de s'inscrire dans une logique de diagnostic, de planification, et finalement de prospective en vue de l'élaboration d'un schéma directeur par les acteurs locaux. Le format de restitution finale privilégiait ainsi la réalisation un atlas.

L'étude devait répondre aux quatre questions suivantes :

- **quelles évolutions ont connu les espaces agricoles, boisés, urbanisés ou d'activités du Pays au cours des dernières décennies ?**
- **au profit desquels disparaissent-ils et aux dépens desquels se développent-t-ils ?**
- **où ces phénomènes se produisent-ils ?**
- **dans quelle mesure chaque commune y participe-t-elle de façon significative ?**

Concernant la mise en place du SIG, nous avons associé les chargés de mission à l'ensemble du protocole géomatique. À la fin de l'étude (et après plusieurs dizaines d'heures de formation individuelle des chargés de missions), les notions de géo-référencement et de saisie vectorielle, de requêtes permettant les jointures entre les tables attributaires, de cartes descriptives et de cartes analytiques, (etc..) étaient parfaitement maîtrisées, tant du point de vue théorique que dans la mise en œuvre technique.

B. Méthodologie et cartographie

L'approche géographique dispose essentiellement de trois types de documents pour réaliser une description paysagère au service de l'aménagement : la carte topographique, l'image satellite et la photographie aérienne. La problématique de cette étude, obligeant une approche diachronique à une échelle entre le 1/30 000 et le 1/50 000, nous a conduit à privilégier l'utilisation de la photographie aérienne (le coût des images satellites était bien trop élevé). Nous avons acheté plusieurs séries de photographies aériennes argentiques (au format « papier ») auprès du service d'archives de l'IGN. Nous disposons ainsi de cinq missions : 1959, 1970, 1977, 1988 et 1994. Les séries de 1959 et 1970 n'ont pu être exploitées dans l'analyse finale de cette étude. Ces deux missions, d'environ 20 clichés chacune au 1/30000 et en noir et blanc, ne couvraient que partiellement le Pays de Brive (la plupart des communes étaient aussi partiellement couvertes). Nous nous sommes concentrés sur une analyse diachronique entre 1977 et 1994 à partir des trois autres missions au 1 / 30 000 (toutes à même échelle mais seule la série de 1994 était panchromatique). Chacune de ces séries était constituée de 25 clichés couvrant la zone d'étude de 69 753 hectares. Un état des lieux à trois dates différentes a permis d'étudier deux périodes : l'évolution de l'occupation des sols entre 1977 et 1988 (11 ans) et entre 1988 et 1994 (6 ans).

Une fois le choix des matériaux arrêté, nous avons suivi un protocole en six étapes : la correction géométrique des photographies aériennes, le procédé de généralisation par photo-interprétation, l'analyse spatiale permettant l'étude de la diachronie, le principe de la classification des espaces ayant changé d'usage, le calcul d'indicateurs spatio-temporels et enfin une valorisation des résultats sous forme cartographique.

1. L'acquisition de l'information géographique

L'acquisition de l'information géographique constitue les deux premières étapes de la méthodologie, toutes les deux en rapport avec le principe de traitement d'images.

Etape 1 - Corrections géométriques des photographies aériennes : compte tenu de l'échelle de travail, d'un territoire topographiquement peu accidenté, ainsi que des contraintes temporelles et financières de l'étude, nous n'avons opéré qu'une correction géométrique simple. Le principe consistait à tirer des vecteurs de déformation, à partir de points géodésiques identifiés sur la carte IGN au 1 / 25 000, grâce au module de ré-échantillonnage

et de déformation du logiciel Géoconcept (version 4.0). Seules les déformations résultant de l'obliquité de la prise de vue aérienne ont ainsi pu être corrigées (figure 12). La validation du résultat a été réalisée sur 10 mesures de distance pour chaque photographie en acceptant une marge d'erreur inférieure à 10 %. Le résultat est apparu satisfaisant, appréciation confortée lors de la superposition au référentiel géographique disponible (la BDcarto).

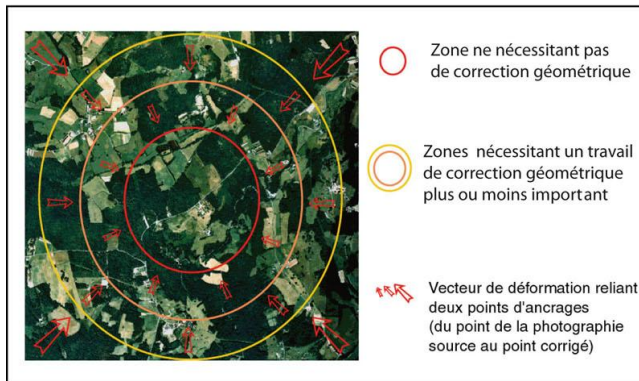
Etape 2 - Généralisation par photo-interprétation : une représentation cartographique est construite à partir des primitives topologiques (point, ligne, polygone). La photo-interprétation est opérée par une généralisation (simplification) en fonction de l'échelle de restitution souhaitée. Ainsi, deux règles incontournables avaient été établies : la saisie était faite à l'écran à un zoom constant (1/15 000) et les unités surfaciques ne pouvaient être inférieures à 1000 m² (figure 12). La photo-interprétation de la couverture de 1994 a été corrigée à partir de l'identification sur le terrain des espaces artificialisés pouvant porter à confusion. Après quelques corrections, nous avons mis en œuvre les mêmes principes de photo-interprétation pour les deux autres années, en cohérence avec les premières limites dressées pour l'année 1994.

2. Le traitement pour une analyse diachronique spatialisée

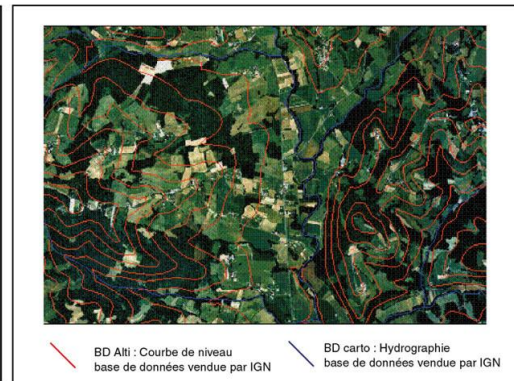
La superposition des couches (avec redécoupage des entités) était un traitement d'analyse spatiale déjà fréquent en 1999. Les difficultés relevaient d'avantage des méthodes de classification retenues pour traduire la dynamique spatiotemporelle observée que de la technicité géomatique permettant l'analyse.

Etape 3 - Analyse spatiale permettant l'étude de la diachronie : à partir des couvertures de 1977, 1988 et 1994, nous avons réalisé un croisement topologique consistant à découper chaque objet initial (espace continu et homogène d'un même type d'occupation) de l'année la plus récente en fonction des deux autres dates : nous disposions au final, d'une couverture cartographique dont l'objet de base s'individualisait de ceux qui lui étaient limitrophes en fonction de sa séquence d'évolution (figure 13). Par exemple, un polygone qui était agricole en 1977, encore agricole en 1988 et devenu urbanisé en 1994 était distingué du polygone limitrophe qui était agricole jusqu'en 1988 mais devenu un espace d'activités en 1994.

①
 Corrections géométriques des photographies aériennes
 (sans orthorectification)

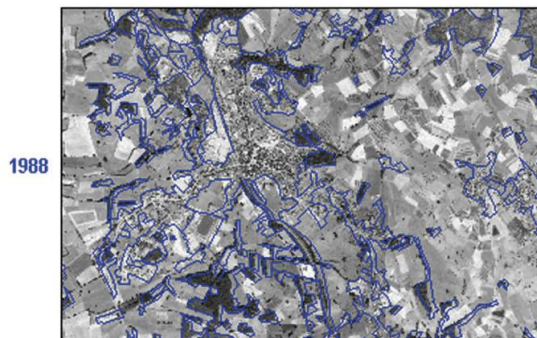


②
 Validation des géoréférencements
 par superposition avec un référentiel géographique



Photointerprétation lors d'une saisie vectorielle au 1 / 15 000

③
**VECTORISATION
 DES PHOTOGRAPHIES AERIENNE**

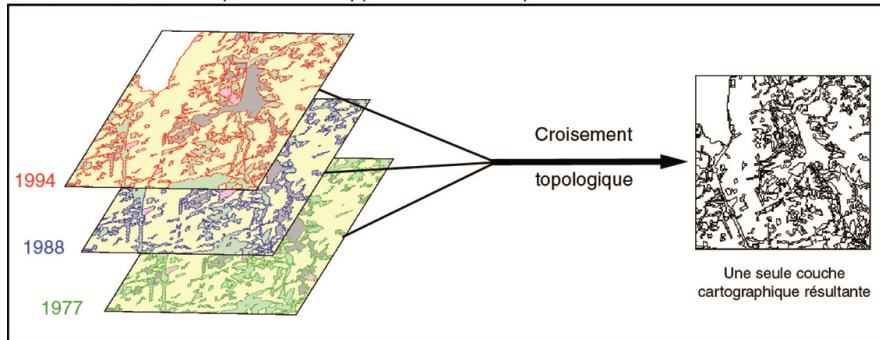


**CARTOGRAPHIE RESULTANTE
 PAR TECHNIQUE DE GENERALISATION
 (interprétation et simplification)**

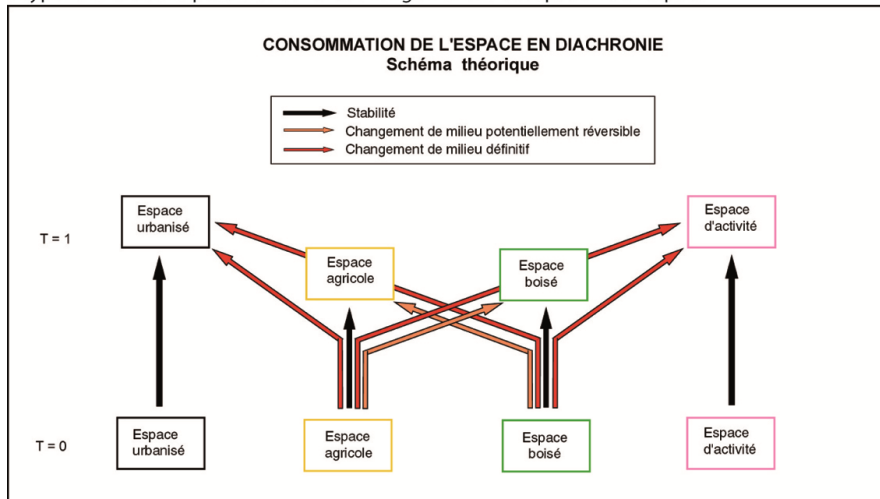


Figure 12 : Acquisition de l'information géographique de l'occupation du sol (1999)

Croisement de couches permettant l'approche diachronique



3 types d'évolutions possibles dans les changements d'occupation de l'espace



Modèle théorique des diachronies observables

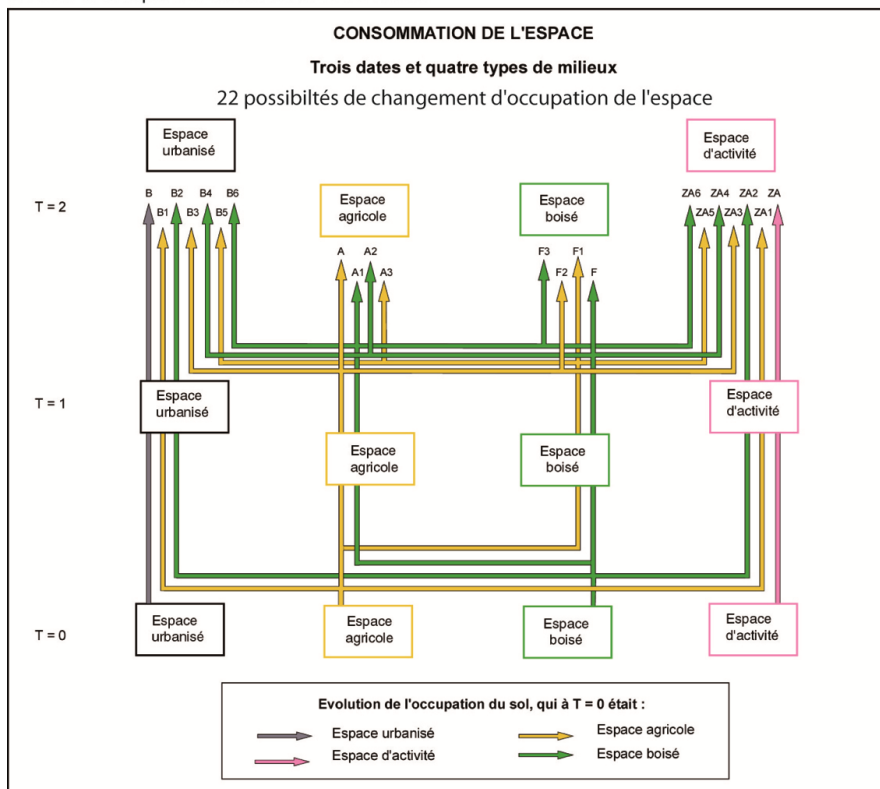


Figure 13 : Principes retenus pour la classification des dynamiques diachroniques (1999)

Etape 4 - Principes de classification : d'un point de vue strictement théorique, trois modes d'évolution sont possibles à partir de ces quatre types d'usage des sols (figure 13) :

- Aucune évolution ce qui revient à dire que le milieu est resté stable.
- un changement de milieu potentiellement réversible : il concerne exclusivement les espaces agricoles et les espaces boisés. En effet, ces milieux peuvent être sujets à un nouveau changement et témoignent d'un échange exclusif : le milieu agricole ne peut se développer qu'aux dépens de l'espace boisé et inversement.
- Un changement définitif réservé aux espaces urbanisés et d'activités. Il s'oppose au précédent par le fait qu'un espace urbanisé peut se développer aussi bien aux dépens de l'espace boisé que de l'espace agricole (remarque identique pour les espaces d'activités). De plus, ce changement n'est pas réversible : une fois que l'espace est gagné par ces deux ensembles constituant l'espace artificialisé, un retour à l'espace agricole ou boisé est impossible (l'exception à cette règle serait par exemple la réhabilitation de grandes friches industrielles, mais aucune n'a été observée dans le Pays de Brive.)

Si nous appliquons ce principe sur trois dates, 22 évolutions différentes sont alors possibles, (figure 13Figure 13). Pour chacune d'elles, nous avons affecté un code permettant de connaître immédiatement la séquence d'évolution de l'îlot (A, A1, A2....)

Etape 5 - Les indicateurs spatiotemporels de la consommation de l'espace : avant de mettre en place des indicateurs, une large discussion a porté sur les marges d'erreur dans le calcul des surfaces (échelle de saisie, correction géométrique des photographies sans orthorectification...).

Suite à cette concertation, il était entendu que les valeurs issues de mesures en unité de surface pouvaient conduire à une utilisation abusive. Par conséquent nous avons préféré restituer les résultats en pourcentage. Ainsi, la valeur relative limite les marges d'erreur puisque ces dernières sont les mêmes pour le numérateur et le dénominateur.

Nous avons donc principalement utilisé cette logique de ratio, d'abord pour le calcul des taux communaux, mais également pour les trois principaux indicateurs spatiotemporels qui ont servi aux commentaires (présentés dans le tableau 3).

Dénomination	Calcul	Interprétation
Taux d'instabilité (TI)	$TI = ((Sg + Sp) / S) \times 100$	Rapport entre la somme des surfaces qui ont connu une évolution et la surface totale du secteur étudié
Taux d'évolution (TE)	$TE = ((Sg / Si) \times 100$	Rapport entre la surface gagnée et la surface initiale (avec un calcul des pourcentages respectifs des milieux aux dépens desquels le gain est effectué)
Indice de Mobilité	$IM = (Sg + Sp) / Ss$	Rapport entre la somme des gains + pertes et les surfaces restées stables. Permet de mesurer les échanges entre les milieux mêmes lorsqu'ils se compensent.

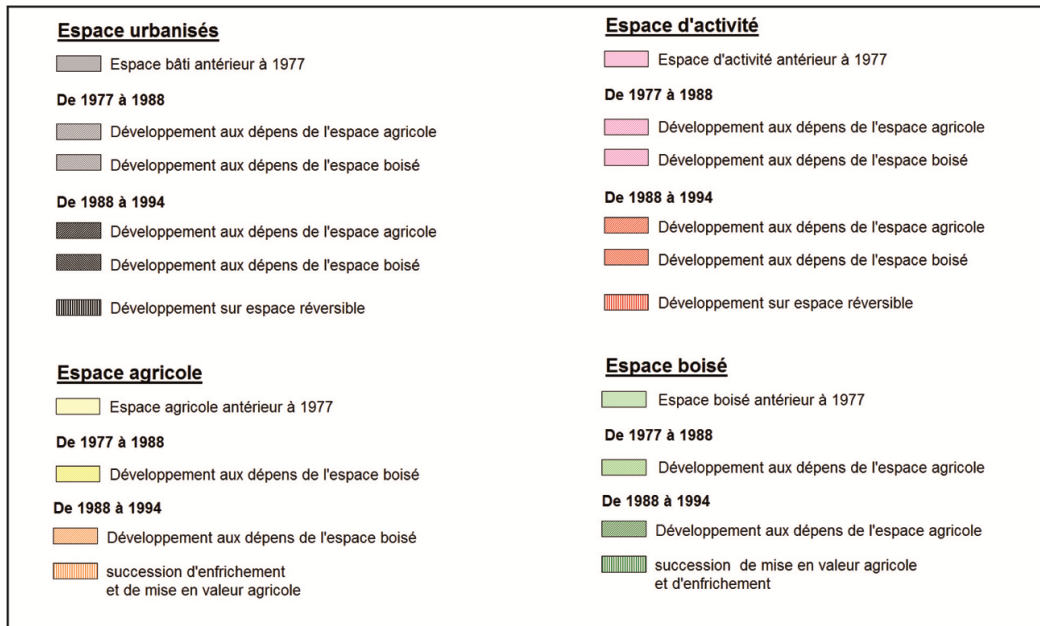
S : surface de l'espace total étudié ; Sg : surface gagnée ; Sp : surface perdue ; Si : surface initiale ; Ss : surface stable

Tableau 3 : Indicateurs spatiotemporels pour la restitution des résultats

Etape 6 - Formalisation des résultats : la restitution des résultats a été réalisée à deux échelles (infra et intercommunale) dans un atlas constitué de 80 pages A3. Les planches cartographiques infra-communales visaient à restituer les résultats à l'échelle la plus fine possible. Les 40 communes ont toutes une (ou deux) planche(s) individuelle(s) variant du 1/25 000 au 1/40 000. Elles permettent de localiser précisément les surfaces qui ont connu un changement d'usage des sols. Compte-tenu du caractère exhaustif des informations à représenter, nous avons mis en place une sémiologie graphique adaptée (figure 14) :

- la couleur permet une discrétisation de l'espace en fonction du type d'occupation des sols : gris pour les espaces urbanisés, rose pour les espaces d'activités, jaune pour les espaces agricoles et vert pour les espaces boisés.
- l'intensité des couleurs permet de mettre en évidence la dimension temporelle ; plus la couleur s'intensifie et plus l'évolution est récente : pâle pour les espaces restés stables, médium pour les évolutions qui se sont produites entre 1977 et 1988, et intense pour les évolutions qui se sont produites entre 1988 et 1994.
- Enfin, la trame permet de mettre en évidence le milieu aux dépens duquel s'est réalisée l'évolution : une trame oblique à gauche témoigne d'un développement aux dépens de l'espace agricole et une trame oblique à droite, un développement aux dépens de l'espace boisé.

La légende des cartes descriptives



Exemple de la commune de Malemort sur Corrèze

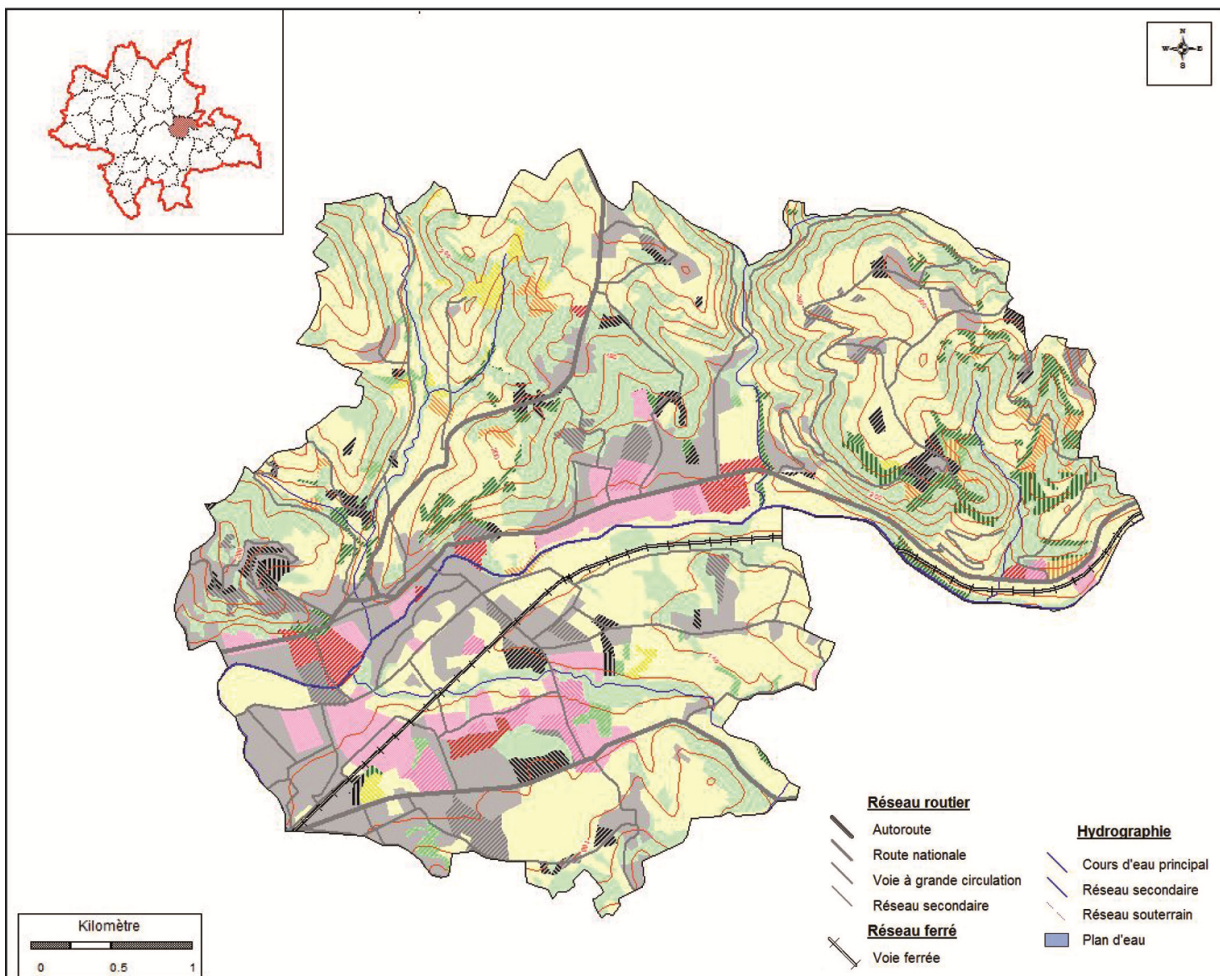
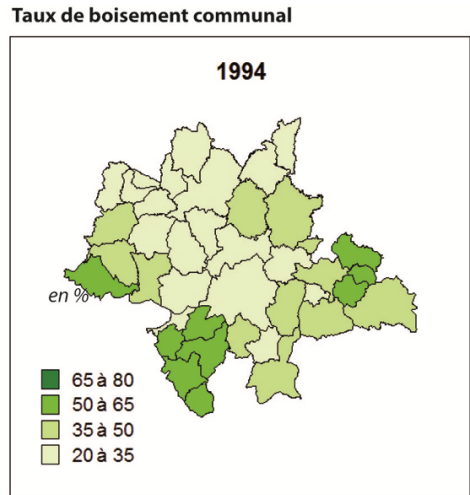
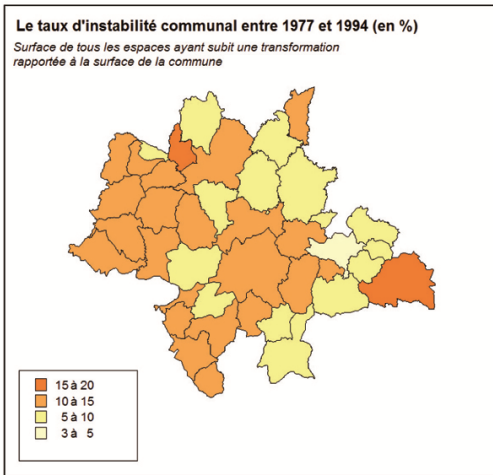
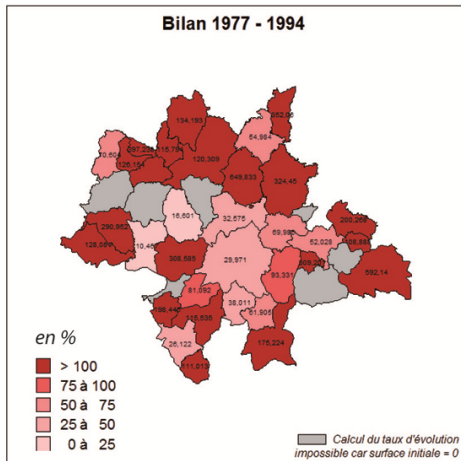


Figure 14: Restitution à l'échelle infra communale, exemple de la commune de Malemort

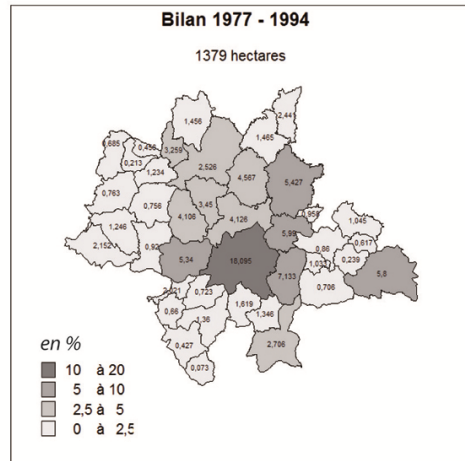


Taux d'évolution communal des espaces d'activités

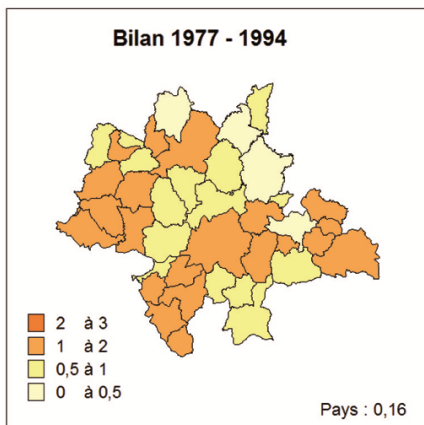


Quel est le gain de l'espace activité, de chaque commune ?

Participation communale dans l'évolution des espaces résidentiels du Pays



Que représente l'évolution de la surface résidentielle de chaque commune dans l'évolution du Pays ?



Part de la mobilité de l'espace communal dans la mobilité de l'espace agricole du Pays

L'indice de mobilité mesure les effets compensatoires entre les pertes et les gains. Il traduit donc une mobilité spatiale même lorsque le bilan est nul.

Que représente la mobilité des espaces agricoles de chaque commune par rapport à la mobilité de l'espace agricole du pays ?

Si l'indice > 1, la commune participe activement à la mobilité des espaces agricoles du Pays

Figure 15 : Exemples de restitution des résultats intercommunaux à l'échelle du Pays

Concernant les cartes à l'échelle du Pays, nous avons réalisé plusieurs planches cartographiques pour chacune des thématiques (espaces urbanisés, d'activités, agricoles et boisés). La première planche présentait le taux communal d'occupation à chaque date, et le taux d'évolution pour chaque diachronie possible (1977-1988, 1988-1994 et 1977-1994). Les commentaires concernant ces planches permettent ainsi de disposer d'une information à l'échelle communale pour comprendre la distribution des différents usages des sols sur l'ensemble du Pays. Cependant, une commune peut témoigner d'un taux d'évolution important de son espace urbanisé sans que cela représente, en valeur absolue, une évolution significative à l'échelle du Pays. La seconde planche concernait donc la participation communale à la dynamique générale du Pays. Ainsi, le dénominateur n'était plus la surface communale mais la surface de l'intercommunalité. De la sorte, il a été possible de quantifier le poids de chaque commune dans la distribution et dans l'évolution de l'usage des sols.. La figure 15 est un montage à partir d'exemples des différentes planches explicitées ci-dessus.

Plusieurs cartes de l'atlas montraient l'intérêt de disposer d'un SIG pour les réflexions concernant la phase *Projet* du schéma directeur. La cartographie détaillée sur l'ensemble de l'intercommunalité (faisant appel à la sémiologie graphique présentée précédemment) était par exemple superposée au tracé de l'autoroute A89, dont le tracé en 1999 n'était pas définitif aux abords de la petite agglomération. Cette superposition permettait d'identifier les milieux aux dépens desquels l'emprise des 300 m de l'autoroute serait concédée. La réflexion avait également conduit à une analyse des espaces situés à proximité des échangeurs prévus, où des zones d'activités allaient être installées. Ces quelques exemples illustraient les possibilités d'analyses spatiales utiles à un projet politique territorialisé doté de « nouvelles technologies ».

C. Ce qui se cache derrière l'effet « nouvelles technologies »

Les résultats obtenus permettaient d'apprécier les dynamiques d'occupation du sol à l'échelle infra-communale, communale et intercommunale. Ces derniers facilitaient la compréhension de la dynamique globale du Pays, et la participation de chaque commune à cette évolution générale. Dans le document remis au SIESDPB, les interprétations des résultats s'attachaient notamment à faire la part des évolutions en fonction des deux périodes de durées inégales

(1977-1988 et 1988-1994) afin de montrer si les dynamiques observées étaient en voie d'accélération ou au contraire de ralentissement. Pour prendre connaissance des résultats exhaustifs de ce travail, nous renvoyons le lecteur aux documents de l'étude⁴⁴. Nous nous attachons ici à présenter principalement les usages que les chargés de missions et les élus ont fait de cette production d'informations géographiques au cours de la réalisation du Schéma Directeur.

1. Des résultats à l'attention des maires, au dépens d'une réflexion intercommunale

L'atlas de 80 pages fut dupliqué, en le désarticulant de sorte à mettre à disposition de chaque maire, un livret synthétique regroupant les documents concernant le Pays et surtout les résultats de l'analyse descriptive de sa commune. Le caractère inédit de la production cartographique liée à l'analyse diachronique de l'usage des sols a retenu l'attention de chacun. A contrario, les indicateurs déterminant la participation de chaque commune dans le comportement général du Pays ont eu beaucoup moins de succès (participation de chaque commune à la disparition des espaces boisés, au bilan global des extensions d'urbanisation, etc.).

L'intercommunalité faisait ici ses premiers pas et les acteurs n'étaient pas encore coutumiers du partage de l'information, notamment lorsque celle-ci démontrait la participation de chacun à la dynamique générale. Le sentiment même d'intercommunalité était à peine naissant : lors des restitutions orales, comme lors des échanges pour définir la forme des restitutions écrites, seuls les maires de Brive-la-Gaillarde et de Malemort-sur-Corrèze (et dans une moindre mesure d'Allasac) témoignaient d'un intérêt pour les résultats à l'échelle du Pays. Les autres maires témoignaient d'une satisfaction liée à l'ampleur du travail réalisé et surtout à ces « nouvelles technologies » capables d'investir le territoire et de restituer des résultats inédits. Mais peu d'entre eux percevaient l'usage qu'ils pourraient en avoir. En janvier 2000, le SIESDPB était alors doté d'un SIG⁴⁵ actualisé sur le thème de l'usage des sols

⁴⁴ Boumédiène F. (2000), *La consommation de l'espace dans le Pays de Brive*

⁴⁵ Le cahier des charges prévoyait la restitution de l'architecture SIG (avec l'ensemble des bases de données collectées) et une formation pour une prise en main par les deux chargés de missions en vue de leurs travaux analytiques et cartographiques du Schéma Directeur. Les formations ont eu lieu et

(1/50 000), des données socio-économiques (RGP99, Communes Profils..), et d'un référentiel d'échelle moyenne (BDcarto). Il disposait aussi des cinq séries de photographies aériennes diachroniques sur les 50 dernières années. L'ensemble de ces bases de données était structuré de sorte à répondre aux besoins de la phase de construction du projet du Schéma Directeur.

2. Une technologie au service de la communication d'un projet politique territorialisé

Les résultats des analyses géographiques sur la dynamique de l'évolution de l'occupation des sols à l'échelle du Pays ont partiellement été utilisés dans le cadre du Schéma Directeur. Cette contribution reste très relative : l'ensemble des résultats obtenus a essentiellement servi à la première partie (l'état des lieux) mais ont peu contribué à la réflexion du projet. Dans cette seconde partie, c'est d'abord le fond cartographique de l'année la plus récente (1994) qui fut le plus utilisé pour l'habillage des cartes. Les quantifications surfaciques d'échanges entre les milieux ont rarement été présentées, si ce n'est dans quelques exemples favorables à un aménagement décidé indépendamment (implantation de zones d'activités, densification des bourgs...).

L'appropriation de la technologie par les deux chargés de missions a rapidement permis une autonomie dans la production de cartes simples pour illustrer le Schéma Directeur, et surtout pour la carte de destination des sols (1/50 000) exposant le projet dans sa dimension spatiale. Mais à la fin de cette période, leurs tâches consistaient principalement à illustrer les souhaits des élus sur une carte sans chercher à fournir des indicateurs de pertinence ou à mesurer les effets de tel ou tel scénario.

Le premier atout des TIG, aux yeux de ces nouveaux utilisateurs, était la production cartographique de documents censés témoigner d'une entente intercommunale. L'information géographique issue des analyses spatiales diachroniques fut incontestablement sous-exploitée pour un projet de planification territoriale réfléchi pour les 20 prochaines années. Pour les décideurs, l'information géographique attirait particulièrement l'attention lorsqu'elle représentait une volonté collective (tracé autoroutier et localisation des

l'architecture de la base de données, un catalogue des métadonnées ainsi qu'un guide d'utilisation simplifiée étaient annexés au document remis à l'intercommunalité (référence note 45).

échangeurs, implantation ou agrandissement de Zone d'Aménagement Concerté...). Dès lors qu'elle visait un état des lieux et par conséquent une appréciation de la participation communale aux dynamiques du Pays, elle semblait ne s'adresser qu'au maire (généralement sur la défensive), et non plus à l'élu de l'intercommunalité. Ce phénomène s'amplifiait lorsque les résultats cartographiques étaient présentés à l'échelle infra communale.

Pour conclure,

Le SIG mis en place a servi pendant toute la durée de réalisation du Schéma Directeur. Les informations collectées et structurées n'ont pas été réutilisées au sein du territoire : en 2001, une fois le projet approuvé, les chargés de missions ont rapidement été recrutés au sein de la nouvelle intercommunalité : la Communauté d'Agglomération de Brive. Sur cet espace restreint (15 communes contre 40 initialement), l'échelle privilégiée pour la constitution du SIG du Pays (1/50 000) était insuffisante et cette base de données ne fut donc jamais actualisée. Les compétences territoriales de la nouvelle Communauté d'Agglomération étaient en cohérence avec les enjeux définis dans le Schéma Directeur : un développement économique avec comme objectif prioritaire l'aide à l'installation d'entreprises, la maîtrise d'ouvrage du réseau collectif d'assainissement⁴⁶.... Ses nouvelles missions nécessitaient de changer d'échelle. Il était indispensable de passer à l'échelle du foncier, et donc le SIG devrait s'appuyer sur un référentiel à plus grande échelle : l'échelle cadastrale était bien sûr l'objectif principal.

Il faudra cependant attendre que le contexte de démocratisation des SIG soit plus avancé, et surtout une nouvelle démonstration des avantages liés à ces technologies, pour que la nouvelle intercommunalité décide enfin d'investir (sur le plan technologique comme des ressources humaines) et de se doter d'un SIG structuré. La partie suivante présente l'expérience qui aura un impact plus important sur la culture géomatique des acteurs territoriaux, et qui se finalisera cette fois par la pérennisation d'une pratique géomatique au sein de l'intercommunalité.

⁴⁶ Voir présentation des compétences de la CAB dans la partie précédente

III. Etude de cas à l'échelle de la Communauté d'Agglomération (2005) : cartographie prospective pour des opérations de préemption foncière permettant l'implantation de logements sociaux

L'étude que nous présentons dans cette partie (intitulée la *Carte de l'Habitat et des potentialités foncières* réalisée en 2004-2005) est une expérience structurelle dans l'histoire géomatique de la Communauté d'Agglomération de Brive. La responsable des études « Habitat »⁴⁷ (au sein du service *Habitat et Politique de la ville* et déjà présente dans la structure du SIESDPB), a joué un rôle moteur dans l'intégration de la géomatique au sein de l'intercommunalité. Le Directeur Général Adjoint⁴⁸ a soutenu politiquement comme financièrement cette étude, pour son contenu d'une part, mais aussi en grande partie dans le but de sensibiliser les élus à la nécessité de se doter d'un service SIG pour l'intercommunalité.

Dans le contexte local, le projet proposé était ambitieux pour trois raisons :

- d'abord, il consistait à relever le défi de l'article 55 de la loi SRU (Solidarité et Renouvellement Urbain⁴⁹) dans une période où un très grand nombre de communes françaises ne le respectaient pas : 20 % des logements de résidences principales doivent être destinés à des logements sociaux pour les communes de plus de 3500 habitants dès lors qu'elles font partie d'une agglomération de plus de 50 000 habitants.
- ensuite, il visait une planification (avec préemption foncière possible) de parcelles cadastrales géo-localisées alors que la version du cadastre numérique n'était pas démocratisée.
- enfin, les prospectives nécessaires pour atteindre les objectifs de 20 % de logements sociaux dans chaque commune étaient comparées à celles permettant d'atteindre 20% sur l'ensemble de l'intercommunalité sans imposer de quota pour chaque commune : l'objectif étant d'animer un débat d'intérêt communautaire.

⁴⁷ Corinne Bournazel, présentée dans l'introduction de la partie précédente

⁴⁸ Régis Leymarie, *idem*

⁴⁹ Loi du 13 décembre 2000, article L302-5 CCH. . ,

En France, en 2005, les SIG concernant les logements sociaux visaient principalement à les inventorier afin d'optimiser leurs gestions⁵⁰ (attribution, suivi de réalisation...). La démarche géomatique que nous avons conduite avec la CAB (une cartographie prospective sur le foncier mobilisable en vue de constructions de logements sociaux) témoignait d'un caractère jugé innovant au point d'être proposée⁵¹ pour une présentation au Sénat par le président de la CAB (sous forme d'étude de cas). Dans le contexte politique de l'époque, cette valorisation des TIG prétextait surtout au souhait d'une présentation engageant un débat sur l'application de la loi à l'échelle intercommunale (20 % dans l'intercommunalité plutôt que 20 % dans chaque commune).

Pourtant, si l'initiative était prometteuse, les conditions n'étaient pas avantageuses : en 2004, le contexte géomatique local (comme national) n'offrait pas encore de référentiel à grande échelle et il ne fut pas aisé de le mettre en place sur l'ensemble de l'intercommunalité. L'accréditation de ce référentiel par la Direction Générale des Impôts (DGI) constituait un jalon indispensable pour la réalisation d'une cartographie d'aide à la décision, et le cas échéant, assurer le suivi des actions sur le territoire. Les concertations, tant entre responsables de services et techniciens qu'entre élus et responsables de services, se sont largement appuyées sur la conception comme sur les productions cartographiques de l'étude.

Comment un outil d'aide à la décision s'est-il mis en place à partir de TIG dans une intercommunalité à peine initiée ? Depuis l'élaboration de cet outil d'aide à la décision visant à atteindre les objectifs fixés par l'art.55 de la loi SRU, combien d'opérations foncières se sont appuyées sur ses résultats ? Indépendamment des résultats spécifiques à ce dossier, la Communauté d'Agglomération s'est dotée d'un service SIG à la suite de cette expérience de cartographie participative associant les principales catégories d'acteurs. **Quel bilan pouvons-nous dresser de cette expérience participative sur l'intégration de la géomatique au sein de l'intercommunalité ?**

⁵⁰ Les exemples sont nombreux. 91 Conseils généraux utilisaient l'application *Numéro Unique* développé par le CETE de Bordeaux tandis que les autres avaient développés un module dédié au sein de leur SIG (CG du Bas Rhin, de la Haute Normandie, des Pays de la Loire, de la communauté urbaine le Creusot, DDE 95, etc.)

⁵¹ Proposition faite par JP Troche (le bureau d'études *Ville et Habitat* ayant présenté plusieurs études de cas au Sénat dans un contexte similaire) à B.Murat, (sénateur maire de Brive et président de la CAB à l'époque). Bien que favorablement perçue, cette présentation ne fut jamais inscrite à l'ordre du jour).

Grâce à la méthode mise en place collectivement et à l'acceptation (critique) des résultats obtenus par les élus-décideurs, cette étude de cas est très pertinente pour la compréhension des phénomènes d'appropriation différenciée des technologies par les acteurs d'une intercommunalité : nous y soulignons particulièrement la différenciation des usages de l'information géographique produite collectivement, notamment entre l'intérêt communal (principalement disposer du cadastre numérique interactif) et l'intérêt intercommunal à l'initiative de cette expérience (engager des actions territorialisées d'intérêt communautaire).

A. Relever le défi d'une politique intercommunale sur le thème du logement social

A la création de la CAB, la priorité du service *Habitat et Politique de la Ville* était de se doter d'un Programme Local de l'Habitat. Comme nous le verrons, ce document d'intérêt communautaire va positionner l'intercommunalité à mi-chemin entre un projet politique et la nécessité d'engager des actions qui en découlent.

1. Le Programme Local de l'Habitat (PLH)

Le PLH est un document réglementaire instauré en 1983, et largement conforté depuis par les différentes lois urbaines (LOV, PVR, SRU⁵²). Il engage l'intercommunalité dans l'exécution d'une politique d'Habitat adaptée à son territoire en respect avec la législation en vigueur (mixité sociale, préservation du patrimoine, etc.). Il est conçu de sorte à définir les orientations stratégiques, les objectifs prioritaires et les actions à conduire au titre de la politique communautaire. Le dispositif conduit à des obligations mais offre aussi de nombreux avantages. Au-delà des conseils et préconisations apportés dans le document, sa réalisation influe sur les moyens financiers de l'intercommunalité : par exemple, il permet à la structure intercommunale de récupérer les pénalités financières des communes qui ne respectent pas l'article 55 de la loi SRU. En contrepartie, l'intercommunalité devient compétente pour effectuer des interventions foncières (pour des constructions immédiates ou pour constituer des réserves) permettant de réaliser les objectifs fixés par la loi.

⁵² LOV : loi relative à la diversité de l'habitat ; PVR : au pacte de relance pour la ville ; SRU : à la solidarité et au renouvellement urbain

Le 1er janvier 2002, l'article L302-6 du *code de la construction et de l'habitation* institue un prélèvement annuel sur les ressources fiscales des communes à la hauteur de 152,45 euros par logement social manquant pour atteindre les 20 %. En juin 2002, l'élaboration du PLH est décidée par délibération du conseil communautaire de la CAB. Seules Brive et Malemort sont alors concernées par l'application de l'article 55, mais le seuil des 3500 habitants pouvait être rapidement dépassé pour d'autres communes de l'intercommunalité (Allasac, Ussac...).

Finalement, le document *Stratégies, Orientations et Programme d'Actions du PLH*, sera arrêté par délibération du conseil communautaire le 20 octobre 2003. Parmi les quatre orientations stratégiques définies dans ce document, l'engagement dans une politique d'intervention foncière est fréquemment cité. Il constitue d'ailleurs l'une des neufs « fiches d'actions prioritaires » (la 3^{ème}), juste après celle de la *Réalisation de la Carte de l'Habitat et des potentialités foncières* (la 1^{ère} étant intitulée *Production d'une offre diversifiée de logements accessibles*).

L'intercommunalité souhaitait donc influencer sur la construction des logements sociaux et se dotait alors de moyens d'interventions foncières pour y parvenir : simplement par des aides directes aux communes dans le cadre d'acquisition foncière permettant l'installation de logements sociaux, sinon en usant de son droit de préemption urbain (DPU) qu'elle mettait régulièrement en avant dans les présentations de l'étude en séances plénières. Dans les deux cas, il était nécessaire de se doter d'un document prospectif à l'échelle cadastrale afin d'engager des discussions avec les communes (et éventuellement des négociations). Le cahier des charges rédigé par l'intercommunalité visait ainsi un outil actualisable d'Aide à la Décision en vue des concertations avec les interlocuteurs du projet (communes membres, organismes HLM, etc.).

2. Le logement social, entre politique publique et construction résidentielle

Lors de grands aménagements intercommunaux, comme la grande station d'épuration de Gourgue-Nègre (coût : 40 M€) d'une capacité de traitement de 259 000 équivalent-habitants (située sur la commune de Saint-Pantaléon de Larche) ou comme les zones d'activité à proximité de l'échangeur A20-A89, la nature de l'infrastructure (incinérateur, base de loisirs, équipements culturels, économiques, etc.) conditionne en grande partie le lieu d'implantation, ce qui facilite (ou non) les opérations foncières nécessaires à l'aménagement.

Dans le cas des interventions foncières proposées ici, le thème des logements sociaux assurait déjà de nombreux débats d'intercommunalité tels que la mixité sociale, les moyens financiers de ce devoir communal, etc. La méthode proposée devait donc viser une collaboration entre l'intercommunalité et ses communes membres sur une compétence territoriale partagée : envisageable en termes de politiques publiques (l'accueil des populations fragiles par exemple), la compétence afférente à de nouvelles constructions résidentielles restait quant à elle strictement communale.

L'objectif principal du cahier des charges était donc de mettre en place un outil de connaissance « non réglementaire » à la disposition de la Communauté d'Agglomération et des communes pour favoriser les interventions foncières. L'outil devait permettre d'identifier les parcelles cadastrales favorables à l'installation de logements sociaux selon des critères définis par les élus au cours de deux conseils communautaires et de quatre journées d'études thématiques entre juin 2004 et juin 2005 (garantissant la participation des 15 maires des communes qui siégeaient parmi les 19 membres du conseil).

B. Référentiels géographiques et cartographie participative

Trois grandes phases successives ont structuré la réalisation de cette étude :

- en premier lieu, la constitution du référentiel à grande échelle a été l'affaire des techniciens et ingénieurs de plusieurs organismes (CAB, DGI, bureaux d'études, etc.)
- puis dans un second temps, la définition du protocole de qualification des parcelles favorables s'est appuyée sur une méthodologie faisant appel aux TIG et selon des critères définis par les élus-décideurs
- enfin, la formalisation (cartographique) des résultats visait une concertation entre les différents acteurs territoriaux facilitant la construction de nouveaux logements sociaux.

1. Phase 1 : mise en place du référentiel à grande échelle (février - septembre 2004)

En 2004, les cadastres numériques (pour plus de 85 % des communes de la Corrèze) étaient généralement des plans scannés par des bureaux d'études pour leurs besoins ponctuels. Les échanges informels entre les responsables techniques de multiples institutions et administrations les ont ensuite diffusés de façon informelle, au gré des besoins des services

internes ou des prestataires. Il n'existait aucune centralisation des formats numériques et aucune cohérence dans les normes de numérisation. Sur le territoire de la CAB, quatre communes disposaient d'un plan vectorisé mais non actualisé, et leur mise en cohérence avec les matrices cadastrales⁵³ se révélait fastidieuse compte tenu des incohérences dans les numérotations des parcelles. Pour les 11 communes restantes, nous n'avions accès qu'à des formats « papier », qui pour certains avaient été partiellement numérisés.

L'étude a donc commencé par une collaboration avec la Direction Générale des Impôts (DGI) afin d'organiser la digitalisation des 15 communes. La sous-traitance a été confiée à RDI, un bureau d'études spécialisé dans la digitalisation des cadastres (installé à Guéret, Creuse) ayant fréquemment travaillé avec les services techniques de la DGI. La mise aux normes EDIGEO⁵⁴ (version en vigueur en 2004) consistait à normaliser les données selon un cahier des charges précis pour le catalogage (sémantique des objets et architecture des fichiers informatisés) et sur la précision géodésique et topologique du plan digitalisé⁵⁵. De février à juin 2004, les techniciens de la DGI (du centre spécialisé de Bordeaux) ont réalisé la lambertisation⁵⁶ des six communes sur lesquelles cette opération n'avait jamais été réalisée. Dès le mois d'avril, le bureau d'études a commencé la digitalisation. Après de multiples allers-retours durant l'été, l'ensemble des plans cadastraux de la CAB a été validé à la fin du mois de septembre 2004.

Cette collaboration avec la DGI (qui en tirait de nombreux avantages puisque la CAB finançait les opérations de digitalisation à la hauteur de 37 000 €) a permis une mise à disposition actualisée de l'ensemble des plans vectorisés, mais aussi des matrices cadastrales (déclarations foncières de l'année précédente). Pour disposer de ces informations, une convention permettant la mise à disposition des données à des acteurs non habilités (dans le cas présent avec l'UMR CNRS 6042 GEOLAB) fut rédigée et soumise à la CNIL⁵⁷.

⁵³ Tableau regroupant les données alphanumériques constitué par la DGI.

⁵⁴ EDIGEO : Echange de Données Informatisée dans le domaine de l'information GEOgraphique. Norme AFNOR (NF Z 52000). Cette norme (française) devrait devenir un standard européen.

⁵⁵ Par exemple, 20 à 30 points sélectionnés de façon aléatoire sur le plan devaient témoigner d'une marge d'erreur inférieure à 30 cm sur le terrain

⁵⁶ Action consistant à projeter un quadrillage référentiel à partir du système de projection conique Lambert. Seuls les services techniques de la DGI y sont habilités.

⁵⁷ Conseil National de l'Information et des Libertés

En septembre 2004, nous disposions ainsi des droits d'usage d'une couverture cartographique du parcellaire cadastral sur l'ensemble de l'intercommunalité que nous pouvions associer aux déclarations foncières anonymées. Enfin, durant cette même période, nous avons collecté l'ensemble des documents d'urbanisme en vigueur sur le territoire auprès de chaque mairie. Les cartes communales et les Plans Locaux d'Urbanisme ont ensuite été préparés par nos soins. À l'exception de 6 communes pour lesquelles nous avons pu récupérer des formats informatiques (exclusivement sur AutoCAD), nous les avons numérisés, géoréférencés (les points de référence utilisés dépendent du fond de carte⁵⁸), puis vectorisés (le zonage uniquement) à l'échelle du 1 / 5000. Les légendes variaient entre les différentes cartes communales comme sur certains points de détails des Plans Locaux d'Urbanisme. Dans un premier temps, nous les avons saisis indépendamment les uns des autres, puis nous avons opéré une simplification regroupant cinq modalités : les espaces déjà urbanisés (U), les espaces à urbaniser (AU), les zones d'activités existantes (Ux), les zones d'activités à venir (AUx), et enfin les zones non constructibles (NC).

Dans un premier temps, les parcelles cadastrales devaient être éligibles pour les opérations foncières visées. Nous n'avons donc retenu que les parcelles situées entièrement ou au 2/3 dans les zones U ou AU. Nous avons ensuite exclu : les parcelles déjà bâties, les espaces verts (terrains d'agrément, jardins et activités sportives), les « sols »⁵⁹ identifiés comme tels dans les déclarations foncières, et enfin les parcelles destinées aux voiries et réseaux. La figure 16 présente un résultat synthétique de cette première étape.

Sur l'ensemble de l'intercommunalité, 12 495 parcelles étaient éligibles, soit environ 2300 hectares. Ce foncier mobilisable, raisonné en nombre de parcelles aménageables plus ou moins rapidement, représente entre 10 et 100 fois le nombre de logements sociaux à construire au regard des objectifs du PLH (selon la commune considérée). Nous disposions ainsi d'une base de négociation exhaustive, indispensable pour faciliter les concertations et faire des propositions diversifiées aux élus. Il fallait cependant hiérarchiser l'ensemble de ces parcelles éligibles de sorte à faire valoir le caractère prioritaire des espaces les plus intégrés dans le tissu socio-urbain de la communauté d'agglomération.

⁵⁸ Généralement le cadastre pour les PLU et le SCAN25 pour les cartes communales

⁵⁹ L'attribut « sol » regroupe les terrains militaires, fondation de hangar...espace déjà occupé hors classe existante

POTENTIEL FONCIER MOBILISABLE POUR L'INSTALLATION DE NOUVEAUX LOGEMENTS SOCIAUX dans la communauté d'agglomération de Brive

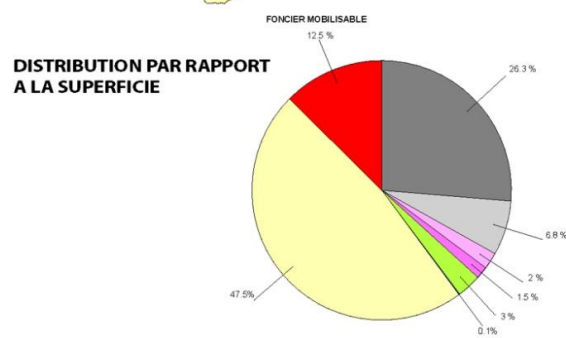
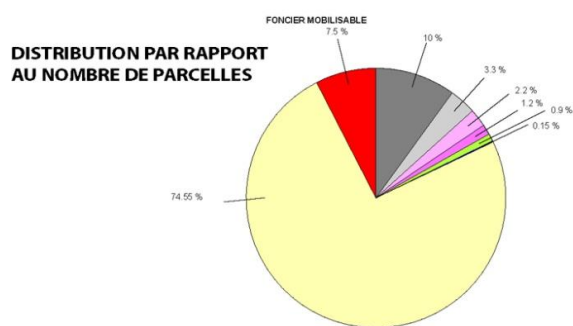
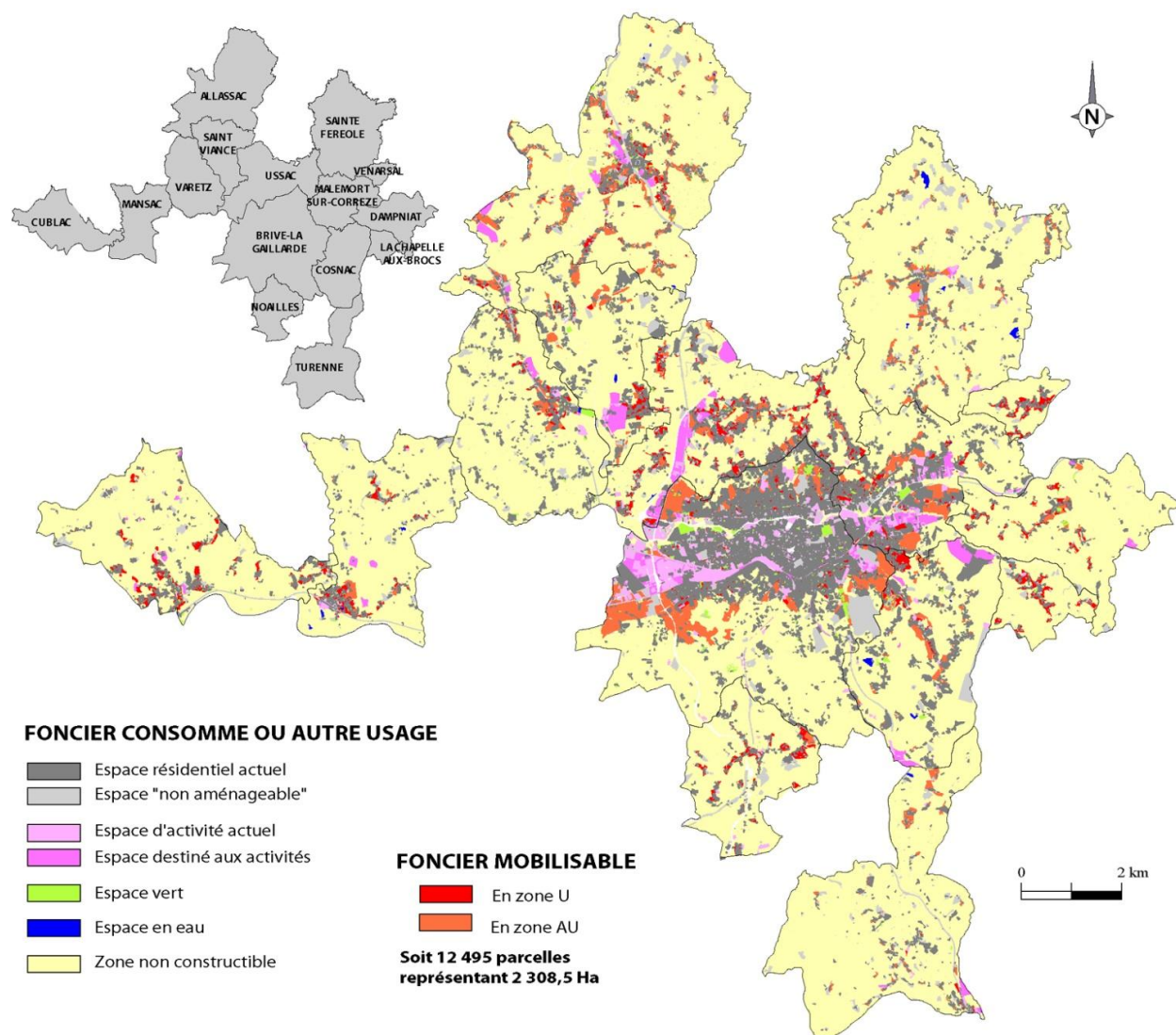


Figure 16 : Identification du foncier mobilisable sur le territoire de la CAB

2. Phase 2 : protocole d'identification des réserves foncières optimales (sept. 2004 – fév. 2005)

L'objectif principal du protocole était d'établir une carte mettant en évidence les parcelles prioritaires pour l'installation de logements sociaux dans le foncier mobilisable préalablement identifié. Quatre journées thématiques⁶⁰ ont permis des séances de travail avec les élus (en plus des deux conseils communautaires pour lesquels l'étude était inscrite à l'ordre du jour), et nous ont ainsi conduits à une validation collective des critères d'identification.

Le protocole a donc été progressivement discuté et remanié par l'ensemble des acteurs de la collectivité : élus-décideurs et responsables de services pour les critères de sélection, ingénieurs et techniciens pour la faisabilité technique. Les échanges ont particulièrement été nombreux pour la définition des valeurs seuils permettant le classement.

CRITERES	Catégorie A	Catégorie B	Catégorie C
Situation Article 55 loi SRU	les parcelles appartenant à une commune déjà en situation de pénalité au regard de la loi (plus de 3500 hab.) <i>Brive-la-Gaillarde et Malemort</i>	les parcelles appartenant à une commune dont le nombre d'habitants passera le seuil des 3500 habitants dans moins de 5 ans <i>Allasac, Ussac, Cosnac</i>	les parcelles appartenant à une commune dont le nombre d'habitants ne passera pas le seuil des 3500 habitants avant 10 ans
Zonage de documents d'urbanisme	les parcelles situées (entièrement ou à plus des 2/3) dans un zonage de type U : espace compatible avec les constructions résidentielles aux raccordements (eau et électricité) facilités	les parcelles situées (entièrement ou à plus des 2/3) dans un zonage de type AU : espace compatible avec les constructions résidentielles dans les extensions urbaines mal raccordées aux réseaux	non concerné
Transports en commun	les parcelles situées à moins de 700 m du transport en commun urbain (desservant essentiellement les deux "communes centres")	les parcelles situées à moins de 700 m du transport en commun du Conseil Général (seuls transports en commun assurant la desserte périurbaine de l'agglomération)	les parcelles situées à plus de 700 m du premier arrêt de transport en commun
Services de proximité	les parcelles situées à moins de 300 m d'un service de proximité éligible	les parcelles situées à moins de 600 m d'un service de proximité éligible	les parcelles situées à plus de 600 m d'un service de proximité éligible

Tableau 4 : les valeurs seuils des critères favorables à l'implantation de logements sociaux

⁶⁰ 11 juillet 2004, 21 octobre 2004, et 24 février 2005, en présence des élus ou de leurs représentants

Le principe consistait à affecter un score (catégorie du tableau 4 : A, B ou C) au regard de critères favorables à l'implantation de logements sociaux. Cette classification, effectuée à partir d'un traitement géomatique (tampon, sélection spatiale...) ne s'appliquait qu'aux parcelles non bâties situées en zone urbanisable des documents d'urbanisme. Quatre critères issus des concertations ont été retenus. Les élus ont ainsi validé, après avoir discuté les valeurs seuils, un protocole d'évaluation communautaire destiné à l'implantation de nouveaux logements sociaux.

La lecture de ce tableau mérite quelques précisions, au moins une par critère :

- Le premier critère retenu est la situation communale au regard de l'article 55 de la loi SRU. Les communes étaient déjà assujetties aux pénalités (plus de 3500 habitants), ou « en anticipation » car très probablement soumises dans moins de cinq ans (plus de 3000 hab.), ou alors « non concernées » compte tenu de leur faible poids démographique.
- Seules les parcelles situées dans les espaces déjà urbanisés (U) et à urbaniser (AU) ont été retenues. La priorité revenait aux densifications des zones bâties existantes et dans un second temps, aux extensions des zones déjà urbanisées.
- Nous disposions du tracé des réseaux de transports en commun urbain et départemental (mis à disposition par la Ville de Brive et le Conseil Général de la Corrèze). À partir de la concaténation de ces deux couvertures cartographiques, nous avons réalisé un tampon de 700 m autour des points d'arrêt.
- L'inventaire des services de proximité a été réalisé à partir du code NAF (Nomenclature des Activités Françaises) présent dans les déclarations foncières. Grâce à cette nomenclature, nous avons pu isoler les services de proximité liés aux besoins quotidiens ou hebdomadaires⁶¹ traduisant une insertion urbaine pertinente pour les futurs logements sociaux.

⁶¹ Commerces et réparation automobile, commerces de détails et réparation d'articles domestiques, hôtels et restaurants, postes et télécommunications, administrations publiques, éducation, santé action sociale, activités associatives, activités récréatives culturelles et sportives, services personnels et services domestiques.

Ainsi, chaque parcelle obtenait 4 scores. La concaténation de ces scores permettait d'obtenir un code à quatre lettres témoignant de la situation de la parcelle au regard des quatre critères retenus. Les deux exemples suivants permettent de comprendre la logique de classification.

- Une parcelle obtenant le code *AAAA* est située dans une commune déjà assujettie aux pénalités de l'article 55 de la loi SRU, dans une zone de densification urbaine, à moins de 700 m du premier arrêt des transports en commun urbain et à moins de 300 m d'un service de proximité.
- Une parcelle obtenant le code *ABAB* est située dans une commune déjà assujettie aux pénalités de l'article 55 de la loi SRU, dans une zone d'extension urbaine dépourvue des réseaux (eau, électricité), à moins de 700 m du premier arrêt des transports en commun urbain et entre 300 m et 600 m d'un service de proximité.

Les 12 945 parcelles éligibles pour des réserves foncières (environ 2300 ha répartis sur l'ensemble de l'intercommunalité) ont ainsi été qualifiées par un code de quatre lettres.

La base de données obtenue devenait la base des concertations et des négociations : le code permettait d'évaluer la pertinence du lieu d'implantation d'un logement social au regard des critères communautaires. Aux mains des responsables du service *Habitat et politique de la ville*, elle optimisait l'argumentaire intercommunal nécessaire aux négociations souhaitées. Aux regards des élus, elle importait l'intérêt communautaire dans la maîtrise et la planification du foncier de leur territoire communal.

3. Phase 3 : formalisation des résultats obtenus (février - juin 2005)

Les résultats devaient être portés à la connaissance des élus de façon claire et synthétique. La stratégie choisie a consisté à réaliser des documents à l'échelle communale (sous la forme de posters A0) qui ont été remis officiellement à l'attention du maire et de ses services techniques.

Le premier essai cartographique suivait la logique quantitative du nombre de « A » obtenu dans le code (figure 17) : la *localisation est très pertinente (AAAA)*, *pertinente (AAA)*, *favorable (AA)*, *possible (A)*, et enfin *la demande doit être argumentée (aucun A)*.

Afin de ne pas perdre d'informations nécessaires aux négociations lors de la simplification pour la légende de la carte finale, l'interface de la base de données permettait toujours d'éditer le code complet de chaque parcelle (figure 18, exemple de la carte détaillée pour les parcelles favorables : le terme de *réserve* est utilisé dans le cas d'un classement en B et celui de *défaut* dans le cas d'un C). L'intercommunalité, qui conservait l'ensemble de la base de données afin de disposer de l'information la plus exhaustive, ne souhaitait transmettre aux maires qu'une carte de synthèse.

La mise en forme du document cartographique devant faciliter les concertations a été calibrée selon les souhaits du responsable du service *Habitat et politique de la ville* et sa connaissance des documents de synthèse à destination des élus. Malgré la démarche intercommunale, la priorité fut donnée à une présentation à l'échelle communale. Chaque élu a ainsi reçu un poster A0 présentant le foncier mobilisable et l'appréciation intercommunale des réserves foncières potentielles à destination de logements sociaux concernant sa commune.

L'esthétique des posters fut soignée afin d'optimiser l'adoption et l'appropriation par les élus de ce document final non réglementaire (figure 19). La sémiologie visait un document *agréable à regarder, simple à consulter et à comprendre*⁶². Ce document remis aux élus ne retenait donc que les trois premières classes : *très pertinente, pertinente, et favorable*. Au centre, la carte identifie les parcelles sur un fond cadastral vectorisé. En haut, les scores obtenus au regard des quatre critères sont présentés sur quatre cartes juxtaposées (application ou anticipation de l'art.55 de la loi SRU, zonage des documents d'urbanisme, réseaux et points d'arrêt de transports en commun, localisation des services de proximité). Le bas est occupé par une carte et des graphiques permettant d'apprécier la part du foncier mobilisable dans l'espace communal (répartition surfacique et effectif des parcelles en fonction de l'usage des sols).

⁶² Avis donnés par la responsable du service *Habitat*, le bureau d'études ayant réalisé le PLH, l'élue ayant délégation de compétences sur la politique de l'habitat...

MALEMORT-SUR-CORREZE

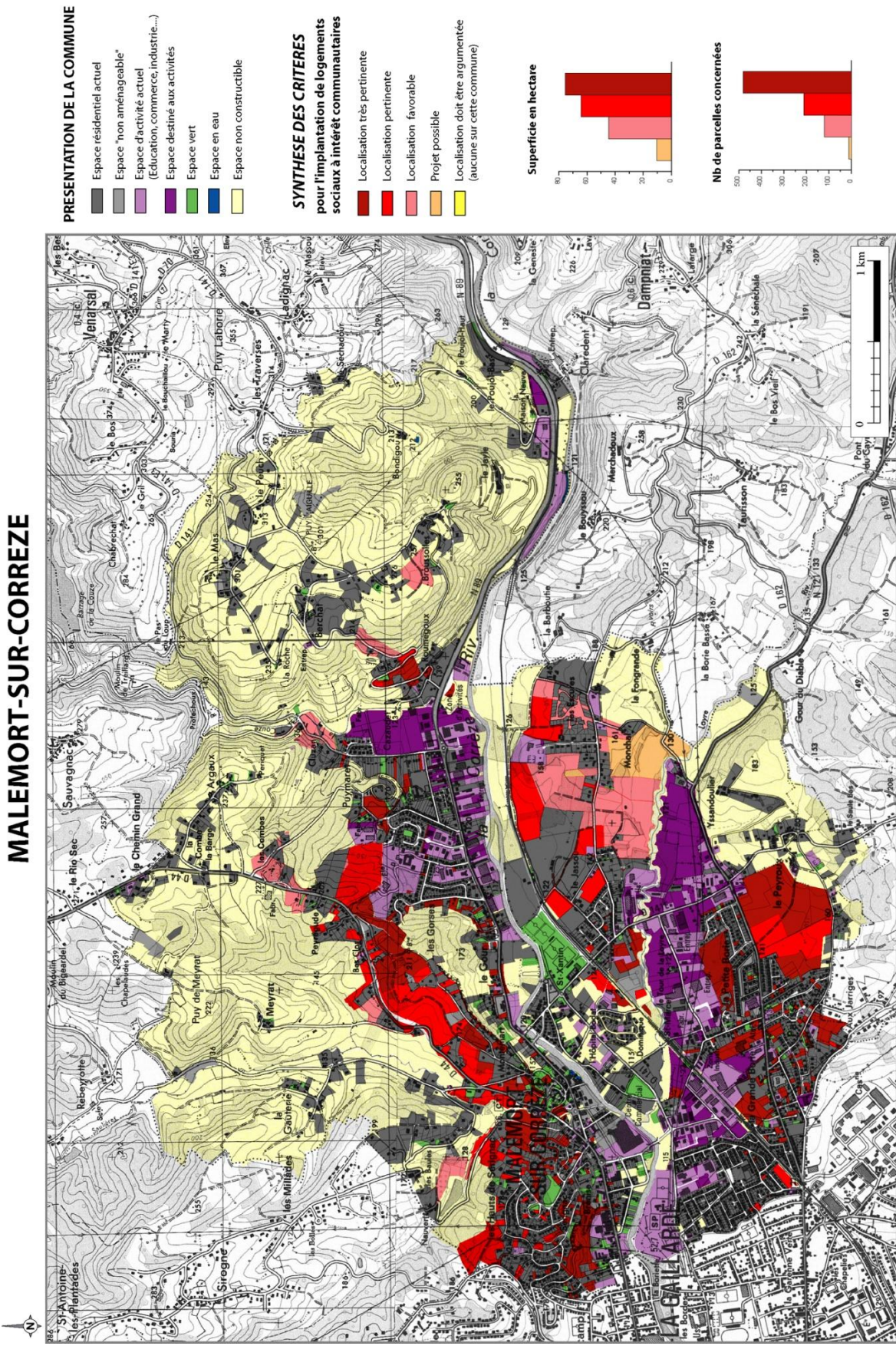


Figure 17 : Premiers résultats sur la commune de Malemort

LES LOCALISATIONS PERTINENTES A MALEMORT-SUR-CORREZE

pour l'installation de logements sociaux à intérêt communautaire

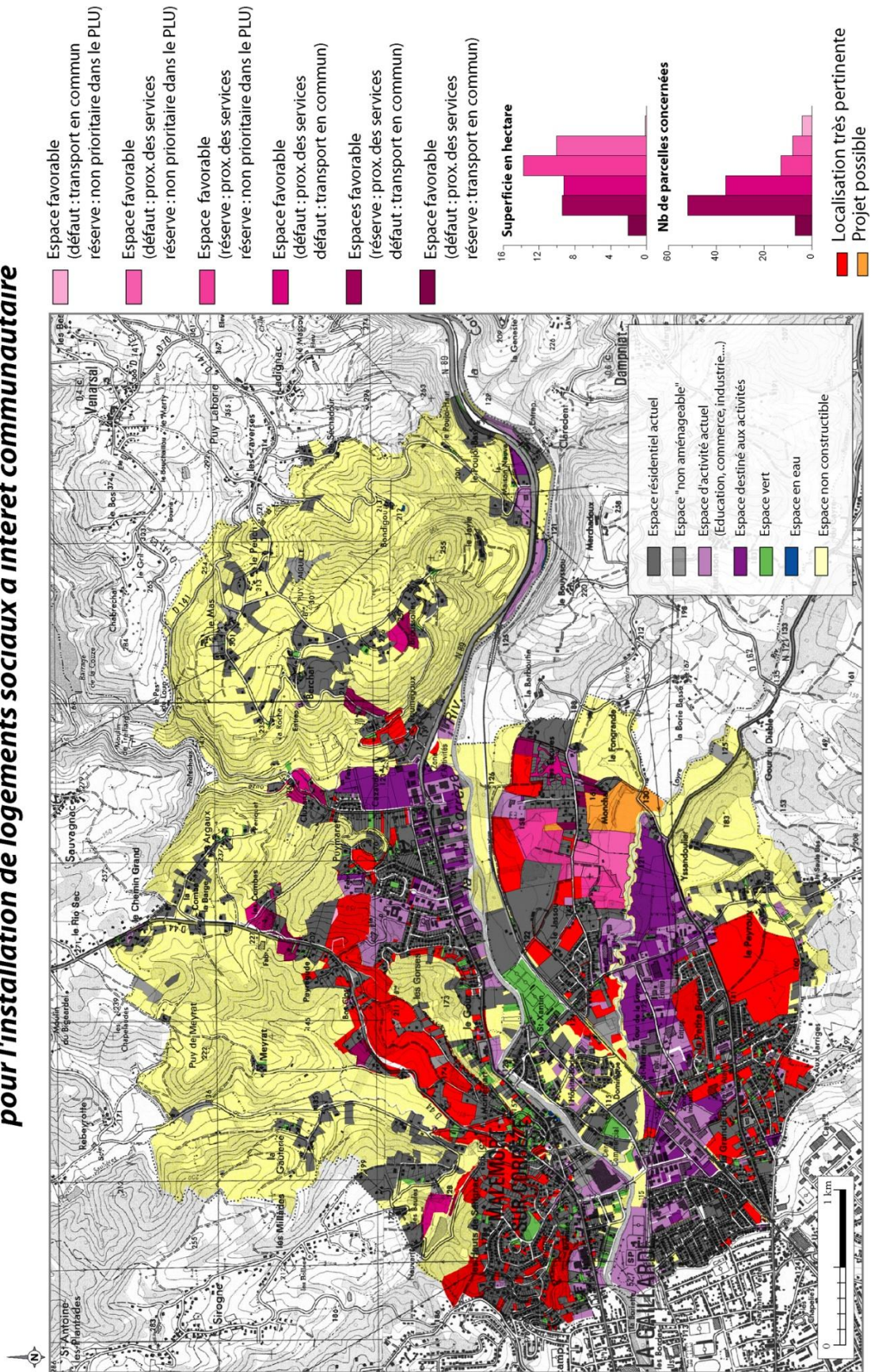
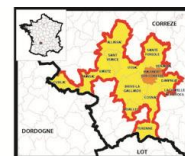
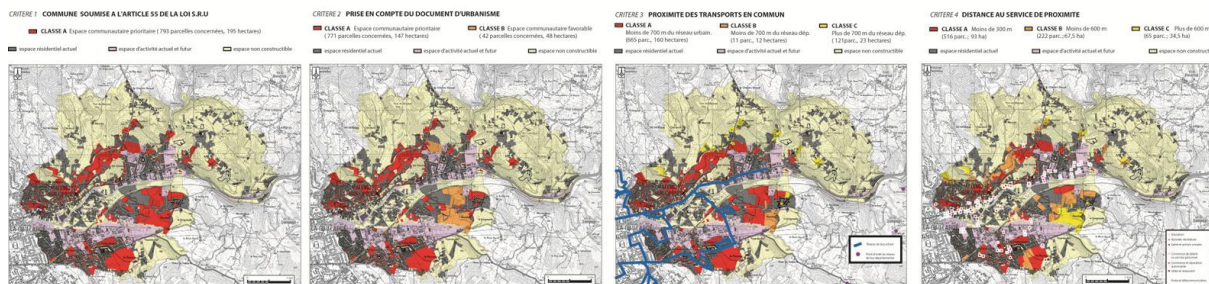


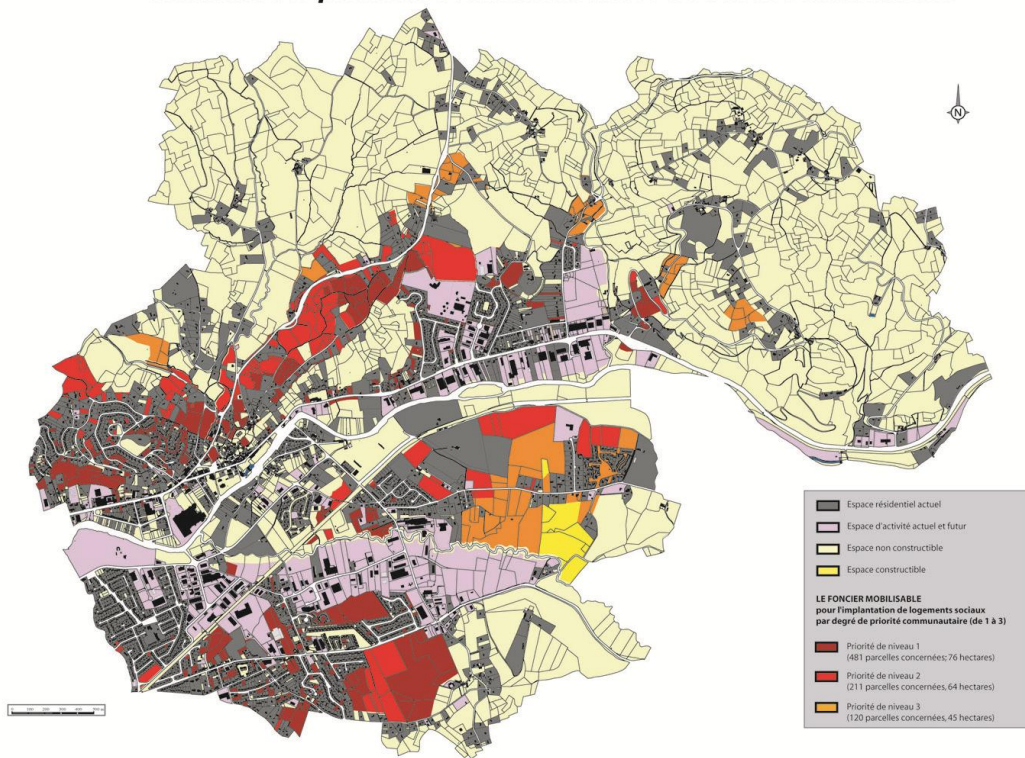
Figure 18 : Détails des parcelles classées « favorables » sur la commune de Malemort



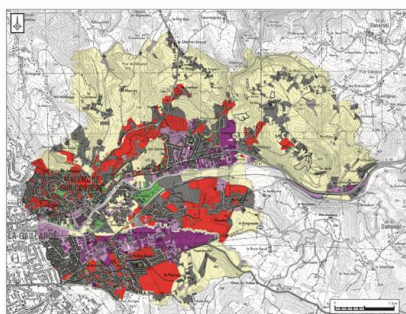
Les critères communautaires retenus pour la méthode de sectorisation



Résultat des priorités communautaires à l'échelle communale

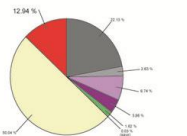


Potentialité communale au vue du document d'urbanisme en cours d'élaboration

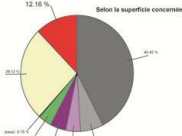


■ Espace résidentiel actuel ■ Espace d'activité actuel (Education, commerce, industrie...) ■ Espace vert ■ Zone non constructible
 ■ Espace "non aménageable" ■ Espace destiné aux activités ■ Espace en eau ■ Foncier mobilisable

Selon le nombre de parcelles concernées



Selon la superficie concernée



SOURCES UTILISEES POUR LE POUVER : MATRICES CADASTRALES COGNE, FONDS CADASTRAUX AUX NUMEROS DCC (habitat) en 2000, SCAN 04/01/01 - 801 (Centre) 1999 (IGN). Base de données mise à disposition par la Communauté d'Agglomération de Brive-La-Valle.

Figure 19 : Carte de l'Habitat (carte de synthèse) remise au maire de Malemort

L'interface informatique à destination du service technique de l'intercommunalité était accompagnée d'un descriptif du Modèle Conceptuel de Données et d'un guide d'utilisation des requêtes pouvant être appliquées sur les 12 945 parcelles cadastrales potentiellement mobilisables. Les techniciens et ingénieurs de la CAB témoignaient cependant de difficultés techniques pour l'appropriation de l'outil malgré l'engouement du responsable de service à disposer d'une base actualisable et interactive (l'argument avancé par l'ensemble des acteurs était l'absence de ressources humaines dédiées à assurer cette mission technique).

D'autre part, tout au long de la démarche collaborative, un véritable souci de simplification de l'information a dominé chez les agents de l'intercommunalité. Leurs pratiques professionnelles à l'attention des élus les conduisent à leur présenter systématiquement une information synthétique, facilement compréhensible et qui par là même facilite la décision à prendre. Ce phénomène (parfois exagéré) a influé sur le protocole de l'étude, et par conséquent a limité les investigations géomatiques pouvant encore optimiser les résultats. Du point de vue thématique comme technique, le protocole pouvait encore être largement amélioré. Par exemple, nous avons collaboré avec la Direction Départementale de l'Équipement afin d'inventorier l'ensemble des certificats d'urbanisme et des permis de construire demandés et obtenus entre 1990 et 2005⁶³ (figure 20). La carte obtenue permettait de localiser la pression foncière liée aux dynamiques spatio-temporelles des demandes de constructions résidentielles. Par ailleurs, l'inventaire des opérations financières immobilières, récupéré auprès de l'Association des Notaires de Brive, avaient permis d'établir un indice du coût du foncier par section cadastrale. L'hétérogénéité des sources et son aspect lacunaire (hors de Brive et Malemort) nous ont cependant contraints à abandonner.

Au final, nous avons proposé un livret complémentaire s'appuyant sur les informations collectées lors du déroulement de l'étude (à l'image de l'exemple précédemment cité). Les premières ébauches présentaient des résultats à partir de statistiques sur les parcelles pouvant être engagées dans des opérations de réserves foncières (occupation des sols, statut des propriétaires...), et rappelait le cadre communal au sein duquel elles s'inscrivaient (chronologie des demandes de certificat d'urbanisme et permis de construire, données sociodémographiques, migrations résidentielles inter et infra communales, etc.).

⁶³ Extractions réalisées sur une application « métier » ancienne (WinAds) qui n'existe plus en 2009

La nécessaire mise en place d'outils objectifs d'aménagement urbain Exemple de la commune de Varetz

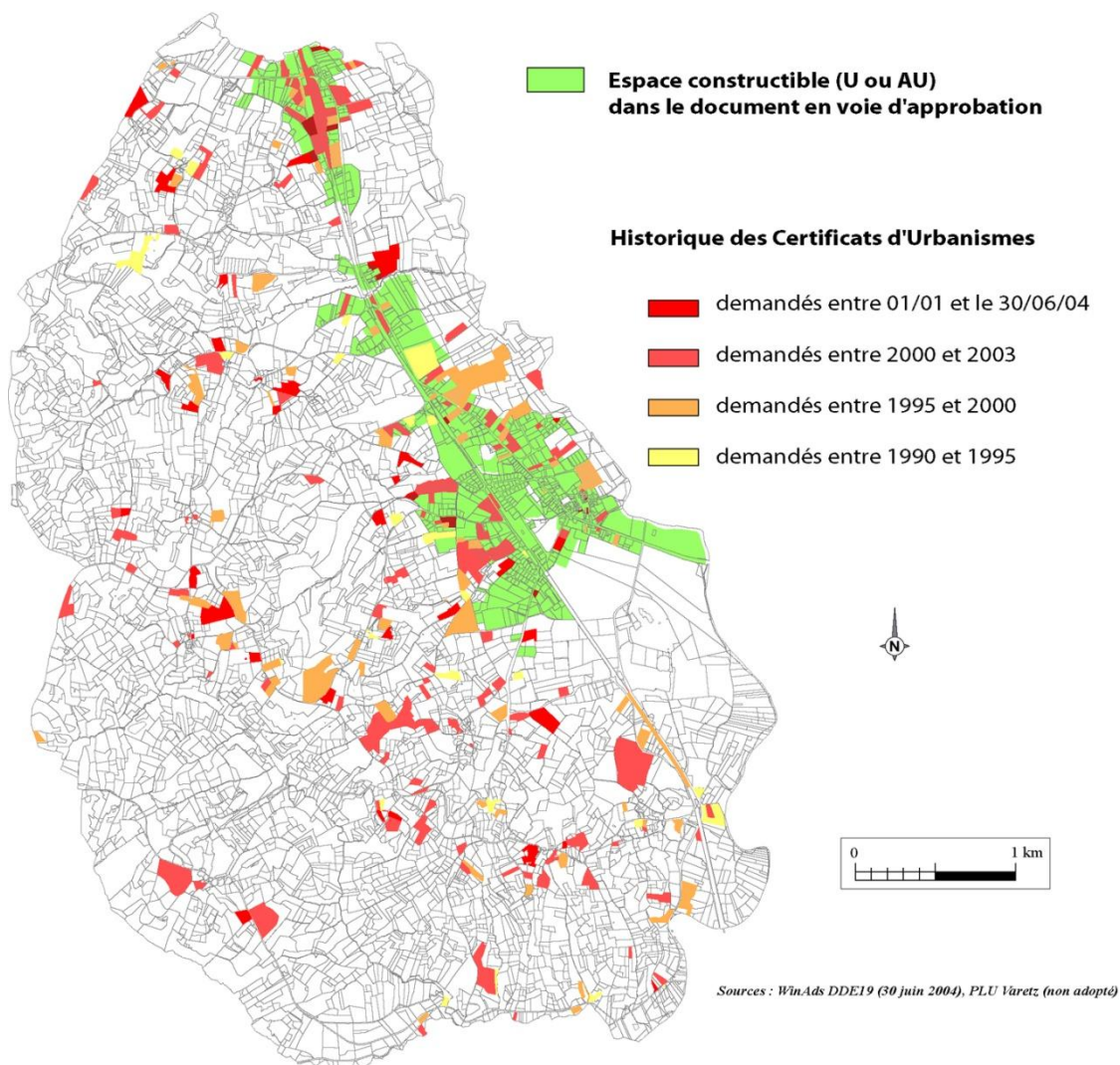


Figure 20 : Evolution des demandes de construction sur la commune de Varetz (1990 – 2005)

Une validation était toutefois indispensable : nous avons par exemple des permis de construire et certificats d'urbanisme acceptés en dehors des zones d'urbanisation préconisées dans le document d'urbanisme en vigueur. Les acteurs de l'intercommunalité (élus, responsables de services comme techniciens) ont finalement décidé que le livret de compléments n'accompagnerait pas le poster A0, par manque de temps et au risque de *brouiller le message principal*.

C. Bilan de l'outil d'aide à la décision

Lors de la journée plénière destinée à la restitution des résultats le 24 juin 2005, les 15 posters A0 étaient affichés dans la salle. Un 16^{ème} poster affiché, construit sur le même modèle que les posters communaux, présentait les résultats pour l'ensemble de l'intercommunalité. L'évaluation quantifiée de cette expérience participative (pour ce qui concerne la construction de logements sociaux), n'eut lieu qu'en 2007, lors de l'évaluation intermédiaire du PLH. Ces résultats thématiques peuvent être dissociés de ceux concernant l'évolution de la culture géomatique et son intégration dans le fonctionnement de la collectivité, bilan que nous abordons dans un troisième temps.

1. Une remise en cause d'un document « non réglementaire »

Au cours de la présentation orale, comme au fil des réunions de travail, l'effet « nouvelles technologies » a parfois occupé le premier plan au dépens des résultats. La prise de conscience d'un usage interactif du cadastre et des déclarations foncières actualisées de l'ensemble des administrés a eu plus d'impact que les propositions hiérarchisées de l'intercommunalité à destination de réserves foncières. À la fin de la journée, chaque élu s'est emparé de son poster, en laissant seul, à l'extinction des lumières, le poster concernant les résultats à l'échelle de la communauté d'agglomération.

Pour les projections accompagnant la restitution orale, nous avons pris soin de restituer les résultats d'abord à l'échelle intercommunale. La plupart des sujets présentés n'ont pas engagé de discussions ou de contestations : le récapitulatif du protocole, les objectifs de production à tenir à l'échelle de l'intercommunalité, la distribution géographique du foncier mobilisable, les résultats des niveaux de priorité par commune, etc. Les discussions ont démarré à la première projection d'une carte de synthèse à l'échelle communale. Les questions et l'agitation trouvaient leurs sources dans les interrogations relatives à la notion de document « non réglementaire ». Les modalités d'utilisation du document portaient incontestablement à confusion. Il fut nécessaire de rappeler qu'il s'agissait d'un document prospectif, dont la notion de priorité relevait seulement des possibilités d'aides financières pour réaliser une réserve foncière à destination de logements sociaux. Un document prospectif constituant la base d'une concertation finalement facultative. Dès lors, l'attention de chacun s'est portée à l'échelle parcellaire sur le plan de sa commune : avec plus ou moins

d'indulgence, ils ont noté ici et là des erreurs qui pour la plupart relevaient de la prise en compte de projets débutés en fin d'année 2004 (les matrices cadastrales que nous avons utilisées dataient du mois de juin 2004). Si la carte fut acceptée comme base de négociation, elle devait être préalablement validée par les conseils municipaux et les services techniques des mairies. Entre les agendas des élus et les priorités du service technique « Habitat » qui ont varié au gré des actualités, peu de temps a finalement été consacré au suivi de cette action. À l'exception de quelques allusions lors de journées thématiques de l'intercommunalité, la *Carte de l'Habitat* ne revint à l'ordre du jour qu'à la suite de l'évaluation intermédiaire du PLH en avril 2007.

2. L'évaluation quantifiée du PLH à mi-parcours (2007)

Le PLH 2004-2009 proposait de réaliser une évaluation intermédiaire à partir d'indicateurs préalablement définis, offrant ainsi la possibilité de la réaliser en interne. Lors de cette évaluation, les échanges avec les services techniques de chaque commune ont permis d'actualiser les données (nombre de logements sociaux construits, parcelle déjà engagée dans un autre projet, etc.....). Dans les préconisations d'évaluation, l'indicateur concernant *la production d'une offre de logements accessibles* s'appuie sur une classification dite « territorialisée » et regroupe les communes à partir de leur situation au regard de l'art.55 de la loi SRU.

Le tableau 5 récapitule, pour chaque modalité, les objectifs du PLH et les réalisations effectives à mi-parcours. Sur l'ensemble de l'intercommunalité, le taux de réalisation est de 70 % par rapport aux objectifs annuels de production. Dans sa globalité, l'intercommunalité continue donc de prendre du retard sur l'effectif de logements sociaux au regard de la loi.

Les communes les plus concernées (classe assujettie et anticipation) réalisent seulement 60 % de leurs objectifs. Les communes non concernées par l'art. 55 et pour lesquelles le nombre de logements sociaux (1 ou 2) avait été défini en fonction du poids démographique ont réalisé 140 % des objectifs qui leur étaient assignés. Enfin, sur les 130 logements annuels que devait produire l'intercommunalité, 15 avaient été affectés à des actions ponctuelles en fonction d'un accompagnement économique spécifique des communes. Aucune demande n'ayant été réalisée par les communes, aucune de ces 130 constructions prévisionnelles n'a été réalisée.

CRITERE	Communes	Objectifs du PLH	
		en nombre de logements à construire / an	Réalisations 2004-2006 en nombre de logements construits / an
Assujétie Article 55 loi SRU	<i>Brive-la-Gaillarde Malemort</i>	45	32
		30	
Anticipation Article 55 loi SRU	<i>Allasac Cosnac Ussac</i>	25	15
Non concernée Article 55 loi SRU	<i>les 10 restantes</i>	15	26
Accompagnement économique	<i>Non affecté fonction de l'accompagne- ment économique de la commune</i>	15	0

Sont comptabilisés les logements à loyer intermédiaire (PLI - PLS), les logements à loyer modéré (PLUS), les logements à bas loyers (PLAI) et les logements conventionnés privés.

Tableau 5 : Objectifs et constructions effectives de logements sociaux entre 2004 et 2006

Malgré un document d'aide à la décision approuvé par tous les acteurs, la mission fondamentale fixée par le PLH consistant à mettre en place une politique d'intervention foncière fut un échec. Dans son évaluation intermédiaire, le service *Habitat et politique de la Ville* mettait l'accent sur l'enjeu de cette politique : *les objectifs du PLH ne peuvent être réalisés compte tenu des oscillations économiques du marché immobilier, c'est avant tout l'absence de réserves foncières qui pose problème*⁶⁴.

Initialement, le PLH prévoyait 1 875 000 € sur cinq ans exclusivement dédiés à l'acquisition foncière. Concrètement, deux lignes budgétaires (de 175 000 € en 2005, et de 600 000 € en 2006) ont été créées. Mais aucune acquisition foncière n'a été faite. La seule proposition (datée du 10 octobre 2005) a été invalidée par le bureau exécutif de la Communauté d'agglomération⁶⁵. Finalement, sur les 276 logements produits (92 logements / an entre 2004 et 2006), aucun d'entre eux n'a fait appel à la *Carte de l'Habitat*, et aucune réserve foncière n'a ainsi été engagée.

⁶⁴ Evaluation intermédiaire du PLH, 2007

⁶⁵ La raison du refus n'ayant pas été actée dans un procès verbal, nous n'avons pu en connaître les motivations.

Les résultats de l'étude avaient été restitués à la fin du premier semestre 2005. La politique d'intervention foncière n'a pas tenu l'actualité de l'année 2006 malgré des rencontres ponctuelles entre les maires et le service technique de la CAB. Dès 2007, les élus étaient en campagne électorale, délaissant alors les objectifs de suivi d'une politique d'intervention foncière pourtant validés collectivement (mais peut être impopulaire en termes de campagne électorale). Aux élections municipales de mars 2008, la plupart des conseils municipaux ont été entièrement renouvelés et pour une très grande part, par l'opposition⁶⁶. Ce sont donc également de nouveaux vice-présidents disposant de délégation de compétences qui ont dirigé ensuite les services de la Communauté d'agglomération. Ils vont alors entreprendre un changement de politique globale de la CAB.

3. Un document d'aide à la décision à revoir, mais une technologie adoptée

Il est donc difficile de faire la part des responsabilités dans l'échec de la politique d'intervention foncière, qui souligne par conséquent l'inopérabilité de la *Carte de l'Habitat* comme outil d'aide à la décision. L'appropriation de l'outil par les élus est fondamentale pour qu'une politique d'intervention foncière puisse se mettre en place. Cependant, le dernier calendrier électoral a joué en la défaveur de la démarche engagée, notamment par le renouvellement complet des décideurs.

En septembre 2008, lors de réunions de travail (associant les organismes HLM, les représentants des communes et les acteurs de la Communauté d'agglomération), la *Carte de l'Habitat* actualisée a de nouveau été mise au service des concertations. Les nouveaux maires des communes (comme leurs représentants) ont alors découvert ce document « non réglementaire ». Fort de ce constat, la *Carte de l'Habitat* a été révisée entre septembre 2008 et juin 2009 dans le cadre d'un stage professionnel de Master de Géographie⁶⁷ pour être de nouveau soumis aux conseils municipaux à la fin de l'année 2009.

⁶⁶ Ce phénomène électoral n'avait pas de lien direct avec le sujet que nous traitons ici, et est d'ailleurs représentatif de ce qui se passa dans l'hexagone français : une défaite des candidats de la majorité présidentielle (UMP) au profit de diverses alliances (Union de la Gauche, Centre-Gauche, etc.)

⁶⁷ Clément Lamy. (2009). Les évolutions géomatiques pour la révision de l'outil d'aide à la décision seront présentés succinctement dans la partie D.3 les approches géomatiques ponctuelles

La méconnaissance de l'outil d'aide à la décision concernant les possibilités de réserve foncière sur la commune masque aussi un autre frein décisif à cette démarche. Lors des échanges en séance plénière, les réactions des élus ont témoigné d'une véritable inquiétude à entendre les souhaits de l'intercommunalité à préempter sur le foncier de leur territoire communal. La démarche géomatique a amplifié cette inquiétude puisque les priorités étaient affectées à des parcelles clairement identifiées (et géolocalisées). Les problèmes liés à la superposition des compétences territoriales ne peuvent être exclus des raisons d'échec de la politique d'intervention foncière. Les maires, coordonnant la sphère décisionnelle des constructions résidentielles sur le territoire de leur commune respective, sont aussi les vice-présidents d'une communauté d'agglomération disposant des moyens législatifs et technologiques pour réaliser des réserves foncières dans un intérêt communautaire. À de multiples reprises, le service technique de l'intercommunalité a utilisé l'argument d'un outil *au service des communes* (préférant omettre leur position de force grâce à la base de données plus exhaustive dont il disposait). Mais lors de la réédition de la carte en 2008, aucun poster A0 n'a été présenté pour l'ensemble du territoire intercommunal.

Que ce soit lors de la restitution des résultats en séance plénière, ou dans l'évaluation intermédiaire du PLH réalisée en 2007, la *Carte de l'Habitat* a pourtant toujours été qualifiée d'outil performant par l'ensemble des acteurs de la CAB. **Comment expliquer ce paradoxe d'un outil qualifié de performant mais inopérant ?**

Au final, le document « non règlementaire », en tant qu'outil d'aide à la décision, n'a jamais servi aux objectifs qui lui étaient assignés. Les moyens financiers dédiés à cette action du PLH ont pourtant été importants : 97 000 € au total (dont 37 000 € pour la digitalisation des cadastres, 15 000 € pour l'ingénierie géomatique, 45 000 € de frais d'études : animation politique et mises en perspective de l'intervention foncière au regard du PLH, aspects législatifs...).

Les entretiens conduits sur ce sujet avec les différents acteurs témoignent tous de la satisfaction d'une avancée dans les pratiques professionnelles permettant d'arriver directement à un document de concertation à l'échelle cadastrale. Globalement, la méthodologie géomatique mise en place les a satisfaits. L'ensemble des acteurs avait aussi compris que le terme de *Carte de l'Habitat actualisable* permettrait de renouveler le protocole sans engagement financier et dans un délai bref.

Les arguments avancés sur le caractère inopérant de la carte concernaient d'abord *la méconnaissance du document lié au renouvellement des décideurs en 2008*. Le second argument le plus fréquemment cité fut *le temps nécessaire à la concertation sur des enjeux engageant la maîtrise des sols*. Il semblait donc que la *Carte de l'Habitat* (en tant que document de concertation actualisable) avait été acceptée par l'ensemble des acteurs, ce qui n'était toujours pas le cas d'une politique d'intervention foncière coordonnée par l'intercommunalité.⁶⁸

Une étude de l'Institut National des Etudes Territoriales sur les relations entre communes et communautés (publiée en 2005 dans la collection *Cahier détaché* de la Gazette des communes) témoignait d'une très grande hétérogénéité au plan national. Cependant, la nature des tensions observées dans le territoire briviste semblait être un passage obligé (selon l'étude précédemment citée) après la période pionnière de mise en place de l'intercommunalité.

Trois mois après la restitution de cette étude, la CAB disposait d'un poste d'ingénieur territorial sur des compétences d'administration et de gestion de Bases de Données. Installé à l'étage de la Direction Générale des Services, ses missions⁶⁹ consistaient principalement à structurer les données collectives de l'intercommunalité, à réaliser quelques cartes thématiques pour illustrer des documents de communication, mais surtout à assurer la mise en place du SIG intercommunal et à planifier l'ouverture de portails Web (avec connexions sécurisées) à destination des communes. Au début de l'année 2007, les communes bénéficient d'un accès extranet sécurisé vers un portail Web permettant de consulter le plan cadastral, en interactivité avec les déclarations foncières⁷⁰.

L'étude *Carte de l'Habitat* avait en effet permis de collecter l'ensemble des plans cadastraux et d'établir les conventions pour disposer des mises à jour annuelles. La mise en ligne (création d'un géoportail) correspondait alors à la même stratégie collaborative que lors de la présentation des résultats le 24 juin 2005 : *ce n'est pas qu'un outil de l'intercommunalité, mais aussi un outil directement au service des communes*.

⁶⁸ Un numéro de la Gazette des communes a été consacré à la présentation d'une étude réalisée au plan national sur les relations communes-communautés ((5 décembre 2005) et démontre une très grande hétérogénéité. Cependant, la nature des tensions observées dans le territoire briviste semble être un passage obligé après la période pionnière de mise en place de l'intercommunalité.

⁶⁹ Le contexte géomatique de l'intercommunalité depuis 2005 est développé dans la partie suivante.

⁷⁰ La consultation permettait aussi une superposition des orthophoplans, du SCAN 25 et de la BDcarto

Pour conclure,

L'intérêt des TIG dans les pratiques professionnelles se révèle très différent pour les acteurs des services (techniciens, ingénieurs et responsables de service) et les élus (maires, vice-présidents et décideurs). Les premiers, soucieux de l'exécution, ont rapidement compris l'intérêt d'une mobilisation rapide de l'information actualisée à l'échelle du foncier, ainsi que des possibilités de diagnostic et de prospective sur l'ensemble du territoire de l'intercommunalité. Ils en ont usé comme force de propositions dans une politique mal acceptée par les élus. Ces derniers ont d'abord perçu une forme d'ingérence territoriale et ont alors souhaité que la technologie et les informations géographiques référentielles leur soit mises à disposition directement. Il était entendu que la technologie était adoptée mais que l'engagement dans une politique d'intervention foncière était ajourné.

Pour la réédition de la *Carte de l'Habitat* en 2008, le service *Habitat et politique de la Ville* n'a pas souhaité de séance plénière avec les élus pour valider la révision du protocole. Ce dernier a été revu selon les recommandations de la responsable du service et de l'ingénieur territorial du service SIG. Il a directement été appliqué sur l'ensemble de l'intercommunalité. Le format du document final est resté identique (15 posters A0), mais il fut, cette fois, accompagné d'un livret de compléments exhaustif. Des concertations avec chaque commune ont ensuite été engagées au début de l'année 2009.

Incontestablement, la sensibilisation des acteurs à l'usage des TIG lors de l'étude de 2004 a fortement contribué à la création du SIG intercommunal. La stratégie de l'intercommunalité a alors consisté à conserver les rapports les plus étroits possibles avec ses communes sur le partage de l'information concernant la maîtrise des sols, la gestion et la planification du foncier. Pour optimiser cette collaboration, la Communauté d'Agglomération devait d'abord rester l'interlocuteur privilégié des communes en termes d'informations géographiques référentielles, dans une période de forte concurrence nationale et locale liée à l'ouverture d'autres services Web similaires comme le Géoportail de l'IGN, et plus localement celui du Conseil Général de la Corrèze.

IV. Pérennisation du SIG de la CAB depuis 2005

La décennie étudiée est marquée par une véritable révolution au regard de la culture géomatique des acteurs des petites intercommunalités et municipalités : l'accès informatique au référentiel à grande échelle (le plan cadastral associé aux déclarations foncières). Chaque commune peut y prétendre grâce à une connexion sécurisée (et payante) sur le Géoportail de l'IGN depuis la fin du premier semestre 2006⁷¹. Cette interface permet à toutes les communes françaises de répondre aux multiples demandes de leurs administrés. Les besoins sont en constante augmentation à l'image de la dynamique des constructions en milieu périurbain depuis 20 ans. De nombreuses Communautés d'Agglomérations avaient anticipé cette mise à disposition d'informations stratégiques en développant des interfaces, intranet ou extranet. Elles partagent ainsi (en ligne) une partie des informations mobilisables au sein de la collectivité et auprès de leurs partenaires, en le superposant aux référentiels de l'IGN⁷².

Pour la CAB, c'est l'étude *Carte de l'Habitat* qui avait permis cette anticipation par la nécessaire vectorisation des cadastres des 15 communes. Ainsi en 2010, les 286 communes du département de la Corrèze pouvaient accéder à leur cadastre numérique (BD parcellaire de l'IGN format PCI vecteur), mais seules 70 d'entre elles bénéficient également d'un format vectoriel⁷³ aux normes DGI, dont les 15 de la Communauté d'Agglomération de Brive⁷⁴.

Ce matériau stratégique (le cadastre numérique) ne constituait alors un atout que si des outils ergonomiquement avancés permettaient sa mise à disposition : un géoportail plus personnalisé aux compétences spécifiques de l'intercommunalité que le généraliste proposé par l'IGN. D'une façon générale, les conseils régionaux et généraux ont également suivi cette évolution technologique consistant à mettre en place leur propre géoportail. Il en ressort aujourd'hui, des informations géographiques abondantes, parfois redondantes, filtrées par des connexions sécurisées pour les communes, ou directement accessibles aux internautes.

⁷¹ L'ouverture officielle du Géoportail date du 23 juin 2006, le matin par une présentation devant le président de la République, quatre de ses ministres et des journalistes. L'après midi, l'ouverture au grand public provoque des dysfonctionnements liés à un nombre de connexions simultanées trop important. La consultation ne sera optimale qu'à partir de septembre 2006.

⁷² Les référentiels commercialisés par l'IGN représentent un ensemble de jeux de données (raster et vecteur) à deux échelles distinctes : le RGE - référentiel à grande échelle (BDortho, BDparcellaire, BDtopo), et le référentiel à échelle moyenne (SCAN25, BDcarto, BDPays)

⁷³ Les productions cartographiques comme les analyses spatiales sont largement optimisées / au format raster

⁷⁴ Etat des lieux 2009 selon la DDE19.

Depuis 2006⁷⁵, la CAB s'est inscrite dans l'actualité géomatique des tendances nationales : au sein d'un réseau, elle administre, met à disposition et échange des informations géographiques référentielles actualisées à l'attention de ses services, de ses communes-membres, de ses partenaires, et plus récemment de ses administrés.

Comment le SIG de la CAB s'est-il développé alors que les géoportails d'initiative nationale ou départementale destinés aux communes le précédaient ? Quelle est la nature des principales informations géographiques présentes dans son géoportail ? Quelles sont les applications « métiers » qui ont été développées pour les services de la collectivité et ses partenaires institutionnels ?

Dans cette dernière partie consacrée au territoire intercommunal de Brive, nous tenterons de comprendre la stratégie de développement du SIG en fonction des principales missions qui lui ont été assignées, depuis sa création et pour les années à venir.

A. Un géoportail, outil indispensable ?

Pour la Communauté d'Agglomération de Brive, devenir un interlocuteur privilégié de ses communes-membres en matière de référentiels fonciers devenait une priorité stratégique. C'est à cette période d'ailleurs que l'IGN proposa à l'ensemble des communes françaises un accès à leur cadastre numérique. L'avancée technologique qui conduit à la mise en place de géoportails a changé la donne : une concurrence s'ouvrait en matière de mise à disposition d'informations géographiques à l'attention des communes. La CAB devait donc concevoir un outil de géo-collaboration plus efficace (répondant mieux aux besoins) que ceux proposés par l'IGN ou le Conseil Général de la Corrèze.

1. La concurrence des structures nationales et départementales

À la fin de l'année 2004, Google Earth remportait un franc succès auprès des internautes. Ce nouveau service aux citoyens, apparu quelques années plus tôt, témoignait toujours de l'avancée des technologies *WebMapping* pour la mise à disposition d'informations

⁷⁵ Un article dans une revue à large diffusion salue l'initiative (à l'époque) de l'intercommunalité dans ses modalités de recours au TIG : *Nouvelles Technologies, l'agglomération de Brive joue la carte de l'information géographique*, Gazette des communes du 3 avril 2006, n°1832 Rub. *INITIATIVES* - p 37

géographiques via les réseaux de communication. En France, un décret⁷⁶ encourageait la diffusion et la commercialisation d'informations géographiques à grande échelle. Le profit commercial potentiel et le standing dans l'image de marque ont rapidement conduit l'IGN à imaginer un géoportail pour le territoire français. L'IGN communiquera sur ce projet dans les revues spécialisées en janvier 2006 pour la première fois. Dès le début, le projet consiste à disposer d'un outil de publication partagée permettant la consultation des bases de données de l'IGN mais aussi celles des tiers hébergés. L'IGN a associé les autres grands fournisseurs d'informations géographiques en France (le SHOM, le BRGM, l'IFN...). L'ADAE (Agence pour le Développement et l'Administration Electronique) a par exemple intégré son *Portail des services publics* dans l'interface, et le SHOM (Service hydrographique et Orographique de la Marine) fournit les informations concernant les littoraux et les fonds marins. Le public visé était d'abord le grand public, puis les administrations et enfin les sociétés privées.

Le grand public a ainsi accès à l'information non confidentielle, c'est-à-dire la consultation de la plupart des référentiels géographiques commercialisés par l'IGN (SCAN25, BDcarto, BDortho). Pour les communes, un accès sécurisé y ajoute la BDparcellaire (le cadastre) associée aux données Majic (format compatible des fiches de données Propriétés Foncières) Selon l'abonnement, l'interface de consultation est agrémentée de possibilités de requêtes dont les résultats cartographiques peuvent être exportés en format *image*, et les résultats alphanumériques vers des logiciels de bureautique. L'énorme succès du géoportail lors de son ouverture (le 23 juin 2006) fut à l'origine d'un démarrage difficile, rapidement amélioré grâce à une collaboration technique avec la DGME (Direction Générale de Modernisation de l'État) et le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) afin d'optimiser les capacités de connexions simultanées.

Dans le même temps, le Conseil Général de la Corrèze commence à réfléchir à une restructuration de son SIG. Depuis 2002, la collectivité s'était équipée du logiciel MapInfo et des référentiels de l'IGN. Installées dans les divers services, les applications métiers fonctionnaient de façon indépendante en raison d'une utilisation en monoposte. L'outil que la collectivité envisageait devait permettre la mise en place d'un référentiel unique avec une

⁷⁶ Décret du 22 novembre 2004. L'IGN est encouragé à développer la vente électronique de ses bases de données à grande échelle (cité dans *Portail ouvert à l'IGN* dans la revue *Géomatique Expert* n° 48, janvier 2006).

possibilité de diffusion internet pour permettre à ses partenaires d'en bénéficier. Cet outil devait permettre la consultation des référentiels géographiques de l'IGN (à grande et moyenne échelle). L'appel d'offres et la réalisation technique du géoportail dura deux ans et ce n'est qu'au début de l'année 2008 que le *SIG partagé de la Corrèze*⁷⁷ a ouvert ses portes.

L'originalité et le succès de ce portail ne relève pas tant de sa structure informatique mais plutôt des avantages lors de l'abonnement. Le montage financier a permis d'obtenir des données en licence étendue, c'est-à-dire la possibilité de mettre les données à disposition de ses partenaires et de couvrir les droits de publication. Ainsi, l'abonnement (pour 5 ans) est de 100 € pour les petites communes, associations et écoles ; entre 1 000 et 10 000 € pour les intercommunalités, et de 10 000 € pour les services de l'État (services publics en général). Cet abonnement permet donc un accès à l'interface du *SIG partagé la Corrèze*, mais également de disposer de droits d'utilisation pour son propre SIG. Le succès du portail repose en grande partie sur cet avantage financier. Dans le courant de l'année 2008, l'interface a évolué en intégrant les applications « métiers » des services techniques du Conseil Général : les données du *SIG Eau* du service Environnement, et les parcours de randonnées (PDI/PR) du service *Tourisme*.

La région PACA avait déjà mis en place un géoportail fortement similaire pour l'accès aux référentiels de l'IGN à moyenne et grande échelle, avec un accès gratuit pour l'ensemble de ses partenaires. Ce type d'initiative géomatique, qui engageait la collectivité dans un financement conséquent, n'était donc pas nouveau mais il n'était pas encore très fréquent.

2. La création du géoportail de la CAB

Durant l'année 2006, Jérôme Pesteil, ingénieur territorial en charge du SIG de la CAB, engage le développement d'une interface Web destinée aux communes et aux services de l'intercommunalité. Le géoportail développé ouvrira progressivement durant l'automne 2006. Il permet (lui aussi) une consultation des référentiels de l'IGN, à l'exception de la BDparcellaire qui est remplacée par les cadastres digitalisés (aux normes DGI) et les déclarations foncières de l'année précédente. L'intérêt majeur de disposer de cadastres DGI relève surtout des possibilités de mise à jour annuelle, alors que pour la BDparcellaire, l'IGN

⁷⁷Nom donné au Géoportail, finalement accessible uniquement en connexion sécurisée

est encore à la recherche d'une solution en 2009. D'ailleurs, il annonce (dans le plus grand optimiste) une mise à jour tous les deux ans au maximum⁷⁸. Dans un premier temps, la CAB avait acquis financièrement les trois autres référentiels (Scan25, BDcarto, et BDortho) directement auprès de l'IGN, sans couvrir les droits de publication. L'intercommunalité a rapidement adhéré à la convention du Conseil Général de la Corrèze après un rapide calcul du coût des droits de représentations graphiques (publication au format papier) et électroniques (format Web). Dès lors, pour 2000 € par an, la CAB dispose donc de tous les droits de publication et des mises à jour des trois référentiels cités.

Une information stratégique fait toujours défaut en 2009 : les documents d'urbanisme. Jérôme Pesteil, en accord avec les responsables techniques et politiques de la collectivité, a acté que toutes les informations disponibles sur le géoportail devaient être homogènes sur l'ensemble de l'intercommunalité. De ce fait, les documents d'urbanisme n'ont pas été mis en ligne compte tenu de leur hétérogénéité, tant sur la forme que sur le contenu. L'association de cartes communales et de plans locaux d'urbanisme conduirait à devoir modifier des documents qui perdraient alors leur caractère réglementaire. Ces modifications consisteraient à homogénéiser les légendes, et dans de nombreux cas à réaliser une nouvelle saisie des zonages afin qu'ils soient cohérents avec les limites cadastrales quel que soit le zoom de consultation. Les documents d'urbanisme actualisés sont toutefois transmis à la CAB au fil des mises à jour, afin que les services techniques en disposent au moins dans leur format originel (pdf, format papier, etc.).

Lors de l'étude *Carte de l'Habitat*, le recollement de l'ensemble des documents d'urbanisme que nous avons opéré avait largement montré les incohérences des zonages de part et d'autre des limites communales. La réalisation du SCOT (en projet sur 74 communes) qui couvrirait les 15 communes de la Communauté d'agglomération devrait permettre de disposer d'un document réglementaire de planification urbaine homogène et cohérent à l'horizon 2014. Si les outils réglementaires d'urbanisme font globalement défaut, le zonage du Plan de Prévention des Risques d'Inondations (PPRI) concernant les sept communes traversées par la Corrèze ou la Vézère est par contre consultable en superposition des cadastres.

⁷⁸ Propos tenus par le directeur commercial de la région Poitou-Charentes en 2009

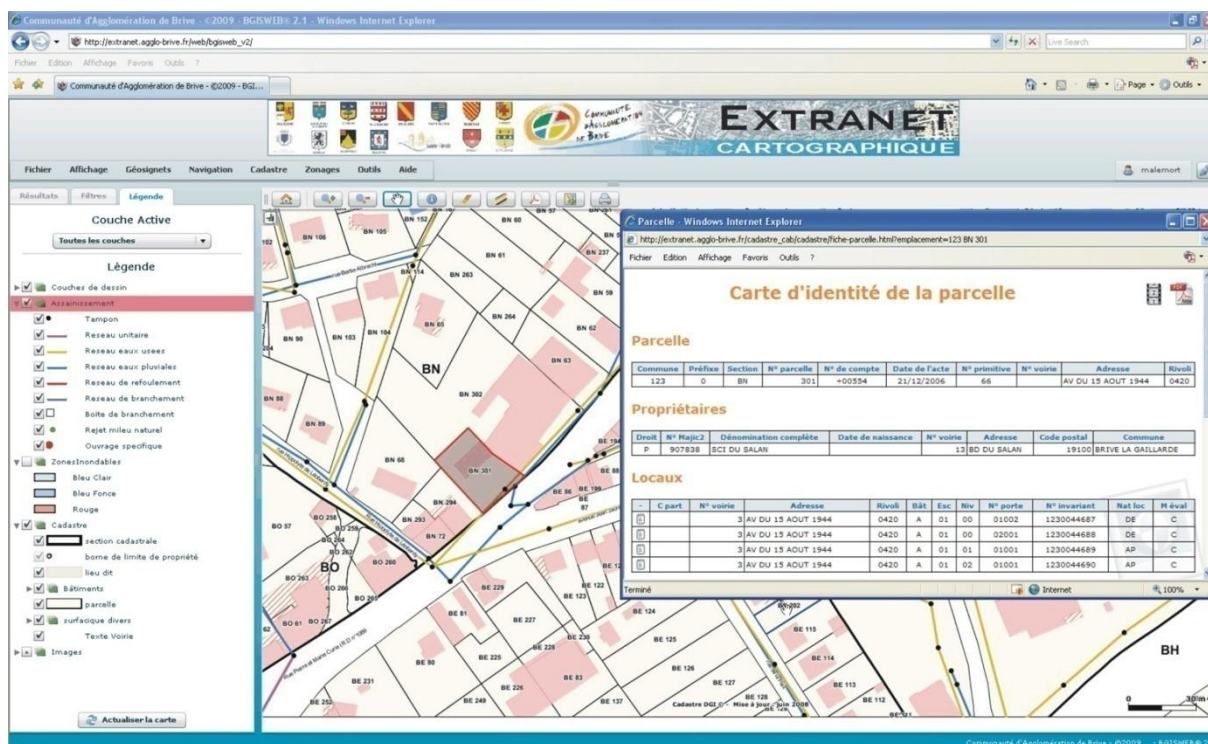


Figure 21 : le géoportail généraliste de la CAB

La CAB, en choisissant une interface Web⁷⁹ (figure 21), s'est directement inscrite dans une dynamique pertinente : elle offre la gratuité de consultation par les services Web les plus avancés, avec l'avantage d'une exclusivité de plans cadastraux vectoriels validés par la DGI. Les 15 communes de la Communauté d'Agglomération ont dès lors considéré la CAB comme l'interlocuteur ressource pour l'accès à l'information cadastrale de leurs territoires. Les autres informations géographiques mises à disposition des communes (autres que les référentiels IGN, le cadastre et le PPRI) mettent l'accent sur la seule compétence pour laquelle l'intercommunalité dispose d'une maîtrise d'ouvrage sur une délégation de service public : l'assainissement. Les applications métiers qui ont d'ailleurs été mises en place relèvent toutes de cette compétence pour laquelle la CAB a une obligation légale.

⁷⁹ L'accès à ces interfaces Web est limité en connexion sécurisée aux communes et aux services techniques de la collectivité, avec occasionnellement un compte temporaire créé pour des prestataires.

B. Le SIG et les applications « métiers » du géoportail en 2009

Le SIG de la CAB dépend directement de la Direction Générale des Services. La ressource humaine est limitée à une personne (Jérôme Pesteil, administrateur de données et responsable SIG), qui par ailleurs a aussi la charge de superviser les prestations externalisées concernant la gestion du réseau informatique, les appareils de reprographie, etc. Pour les interfaces Web, les développements sont aussi systématiquement externalisés auprès d'un large spectre de bureaux d'études spécialisées dans le WebMapping. Sous la coordination du responsable SIG, l'élaboration des cahiers des charges inclut systématiquement un catalogue de métadonnées et un indicateur d'exigence dans l'interopérabilité topologique et alphanumérique des données. Les exigences mentionnées dans les cahiers des charges ont permis le développement de fonctionnalités SIG (principalement de consultation) dans des interfaces simplifiées que la plupart des agents et partenaires de la collectivité utilisent fréquemment.

1. La plateforme technique du SIG

En terme d'outil, le SIG est présent sous deux formes au sein de la collectivité : une version PostGIS pour les applications Web, et quelques installations mon postes du logiciel MapInfo. La première a permis de mettre en place la mission fondamentale demandée au SIG, c'est-à-dire d'assurer les possibilités de consultation et de mise à disposition d'informations centralisées et homogènes à l'échelle de l'intercommunalité. Le recours au logiciel MapInfo relève par contre de besoins ponctuels pour l'analyse de données et la production de cartes thématiques spécifiques à chacun des services techniques (croisements de couches, relations entre les bases de données alphanumériques « métiers » et les couvertures cartographiques communale ou cadastrale...). Ces travaux sont réalisés soit par le responsable SIG, soit par une personne ressource au sein du service technique (le niveau de formation en géomatique est très hétérogène parmi les agents, et de ce point de vue la CAB ne présente pas un système organisationnel homogène pour l'ensemble de ces services (et donc de ses compétences territoriales).

2. Les applications métiers du Géoportail

La thématique *Assainissement* domine dans les applications métiers intégrées au Géoportail de la CAB. Cette compétence territoriale, confortée par la maîtrise d'ouvrage du réseau, a motivé le développement de plusieurs outils, tous nécessaires à la gestion et à l'administration des dossiers afférents à la gestion des eaux usées des administrés.

En 2009, il existe trois applications « métiers » concernant cette compétence intercommunale :

- Le *Gesteauass* (Gestion des autorisations de l'assainissement) est une application qui a été développée conjointement entre les services techniques de la ville de Brive (développement de l'interface et des outils relevant de l'instruction des dossiers) et la Communauté d'agglomération (pour tous les aspects graphiques). Cette application, superposant les cadastres et les réseaux d'assainissement, permet aux communes de constituer les documents nécessaires à la demande des permis de construire, et à la Communauté d'agglomération de donner son avis (obligatoire) sur le thème spécifique de l'assainissement (raccordement au réseau collectif).
- Le *service public d'assainissement non collectif* (SPANC, figure 22) est une autre application métier permettant à la communauté d'agglomération d'assurer son obligation légale sur le contrôle de l'assainissement autonome (obligation pour toutes les communautés d'agglomération ou de communes, depuis un décret de 2006). Cette application est d'abord utilisée par les prestataires puisque les contrôles des installations d'assainissement non collectif sont sous-traités à des sociétés privées. Ces dernières saisissent en ligne les informations de sorte à les centraliser sur le serveur de la CAB; et dans un second temps, le service technique les exploite statistiquement afin de suivre l'évolution des contrôles par exemple.
- Enfin, l'application *fiches Navettes* (concernant l'assainissement, l'eau potable et les stations d'épuration) permet à la Communauté d'agglomération d'assurer l'organisation et le suivi des interventions sur le terrain : quelle que soit la demande d'un administré sur l'un de ces objets, la CAB assure une visite préliminaire sur le terrain pour un état des lieux précis du problème, la rédaction du cahier des charges à destination du prestataire ayant le marché de l'entretien du réseau, et la validation marquant la finalisation de l'intervention.

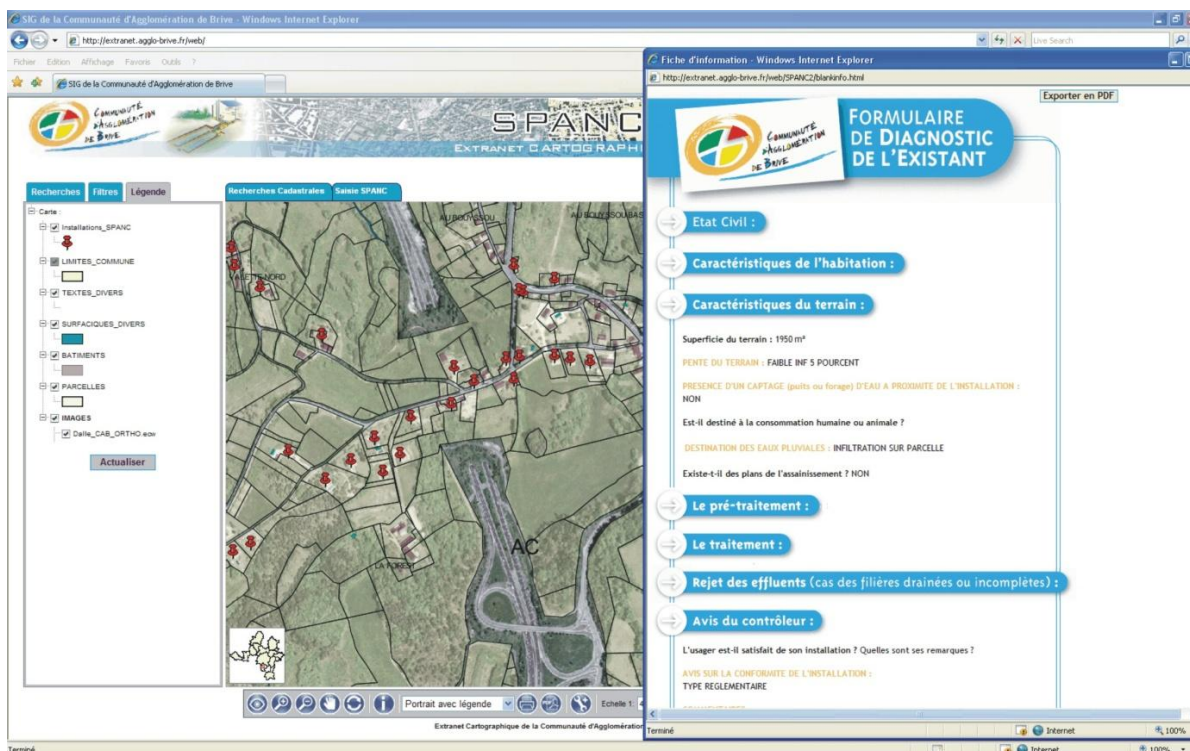


Figure 22 : SPANC, exemple d'application « métier » relative à l'assainissement

Ainsi, l'hétérogénéité du niveau de pratique de la géomatique entre les différents services est largement compensée par la mise en place du géoportail intégrant les applications métiers nécessaires aux actions pour lesquelles la collectivité a une compétence légale. Jusqu'alors, l'investissement nécessaire pour le développement des interfaces était freiné par la reconnaissance des compétences territoriales attribuées à la communauté d'agglomération (appréhension des communes pouvant avoir un sentiment d'ingérence territoriale (INET, 2005)). Depuis quatre ans, la sensibilisation des élus aux avantages liés aux Technologies de l'Information Géographique a progressivement permis de laisser s'installer un climat de confiance entre les communes et l'intercommunalité, un climat favorable à la géo-collaboration.

Si les compétences communales restent à la charge des services techniques municipaux, les projets planifiés par la CAB pour l'année 2010 et 2011 consistent principalement à mettre en place des outils de saisie en ligne au service de ces compétences communales (éclairage public par exemple). Les premiers outils de saisie en ligne ont été présentés aux services techniques des municipalités au milieu de l'année 2009.

La CAB continue ainsi de conforter son rôle d'interlocuteur privilégié pour les ressources technologiques nécessaires à optimiser la gestion et l'administration des territoires communaux. Ainsi, l'intercommunalité bénéficie d'une connaissance exhaustive des informations stratégiques dans l'aménagement de son territoire de compétences, tandis que les communes-membres ont un accès facilité à l'ensemble des informations géographiques actualisées nécessaires à l'instruction des dossiers concernant le foncier.

C. Exemples de démarches géomatiques ponctuelles

Au-delà de ces besoins quotidiens assurés par le géoportail, les prestataires et les services techniques s'appuient parfois sur des méthodes faisant appel aux technologies de l'information géographique. Ponctuellement, quelques cartes sont réalisées : carte mettant en valeur les espaces urbains situés à plus de 300 m d'un arrêt de bus, carte de localisation dans les plaquettes de communication, etc.

Ces démarches restent ponctuelles et ne nécessitent généralement pas un investissement géomatique important (en temps comme en ressources humaines). Bien que peu fréquentes, ces démarches d'analyses spatiales sont parfois approfondies, témoignant ainsi d'une culture géomatique en constante évolution. Nous présentons ici deux démarches géomatiques ponctuelles qui ont nécessité un investissement géomatique important : la révision de la *Carte de l'Habitat en 2008* et la réalisation d'une cartographie des déperditions thermiques dans les espaces résidentiels les plus denses.

1. Actualisation de la *Carte de l'Habitat en 2008*

Comme nous l'avons souligné dans la partie précédente, la réalisation de la *Carte de l'Habitat en 2005* a eu un impact important dans la culture géomatique des acteurs de la collectivité. Malgré le caractère inopérant de la carte produite en 2005, la responsable de service et les chargés de missions ont décidé d'actualiser la carte au regard du nombre de documents d'urbanisme qui avaient été révisés.

À cette occasion, la collectivité a souhaité réfléchir de nouveau sur le protocole permettant l'identification des parcelles favorables (tableau 6). Ces modifications ont finalement consisté

à simplifier les valeurs « seuils » des critères. Initialement, le protocole permettait d'obtenir deux résultats : d'une part, une base de données exhaustive sur la classification des parcelles au regard des critères (classification AAAA, ABAB...) destinée à l'intercommunalité, et d'autre part un document de synthèse à destination des élus (parcelles très favorables, favorables...). Ce principe a été abandonné dans la révision du protocole en 2008 où la parcelle est tout simplement retenue (ou non).

Critère	Carte de l'Habitat 2005			Carte de l'Habitat 2008		
	Valeur A	Valeur B	Valeur C	Commune	favorable	Non retenue
Art 55 SRU	> 3500 habitants	> 3000 hab.	<3000 hab.			
Document urbanisme	Zone U	Zone AU		Toutes	Zone U	Hors zone U
Transports	< 700 m réseau urbain	< 700 m réseau départemental	>700 m réseau de transport commun	Centre	<300 m du réseau urbain	>300m du réseau urbain
				Périphérie	<500m routes struct.	>500m routes structurantes
Services de proximité	< 300m	< 600 m	>600m	Centre	Déjà pris en compte dans les transports	
				Périphérie	< 1km bourg	>1 km du bourg
Topographie (pente)				Toutes	< 15%	>15%
Accès aux écoles	< 300 m	< 600 m	> 600 m	Toutes	< 1km	>1 km

Tableau 6 : Révision 2008 des critères pour la réalisation de la carte de l'Habitat

Les principaux changements dans le protocole⁸⁰ 2008 sont donc les suivants :

- la soumission à l'article 55 de la loi SRU n'est plus un critère prioritaire en soi ; la distinction est désormais faite entre les communes « centre » (Brive-la-Gaillarde et Malemort-sur-Corrèze) et les communes dites périphériques.

⁸⁰ Ces changements ont été discutés au cours de deux réunions entre les services techniques de la CAB et le laboratoire GEOLAB, auteur du premier protocole.

- Les parcelles sélectionnées se situent obligatoirement dans une zone déjà urbanisée et correctement desservie par les réseaux d'eau et d'électricité.
- la distance au réseau de transport urbain est réduite à 300 m, et pour les communes périphériques le seuil est fixé à 500 m des routes structurantes.
- concernant les services de proximité (critère pertinent pour les communes dites périphériques généralement peu dotées en services), la distance a été fixée à 1 km du bourg, même si ce dernier ne dispose d'aucun service. Cette distance est aussi valable pour la situation au regard des écoles.
- Enfin, un nouveau critère est apparu concernant les contraintes de construction en ne sélectionnant que les parcelles dont la pente est inférieure à 15 %.

Ce protocole révisé a été mis en oeuvre par Clément Lamy dans le cadre d'un stage professionnel du Master de géographie de l'Université de Limoges. Il a permis de confectionner une nouvelle carte (figure 23). Le document obtenu est très proche de l'ancienne carte pour ce qui concerne le format de restitution (poster A0, cf. figure 19). Si la sémiologie graphique a quelque peu changé, le principe général a été conservé : présentation des critères (quatre cartes situées en haut), une carte détaillée du parcellaire communal au centre (avec des zooms dans les secteurs les plus urbanisés) et une cartographie accompagnée des statistiques sur le foncier mobilisable en bas.

Les réflexions ayant conduit à la révision du protocole n'ont jamais été présentées aux élus. Ils n'ont donc jamais été associés à ce nouveau document ni pour la révision des critères, ni même pour une validation à posteriori. Cette révision change pourtant considérablement le foncier dit mobilisable pour l'installation de logements sociaux.

La figure 24 montre la différence entre les parcelles retenues en 2005 et celles retenues en 2008. Les changements qui ont le plus d'impact sont incontestablement l'affectation au regard de documents d'urbanisme (en 2008, 1361 parcelles sont retenues sur les 2307 éligibles en 2005), et la distance aux services de proximité (le protocole 2008 augmente de 200 % le nombre de parcelles sélectionnées). À la révision de ces deux critères (qui se compensent), le nombre total de parcelles sur l'intercommunalité n'est pas considérablement différent mais le nouveau protocole concentre le foncier mobilisable dans les bourgs des communes périphériques, délaissant tous les espaces périphériques dans la continuité du bâti des deux communes « centre ».

MALEMORT-sur-Corrèze
Club de l'habitat

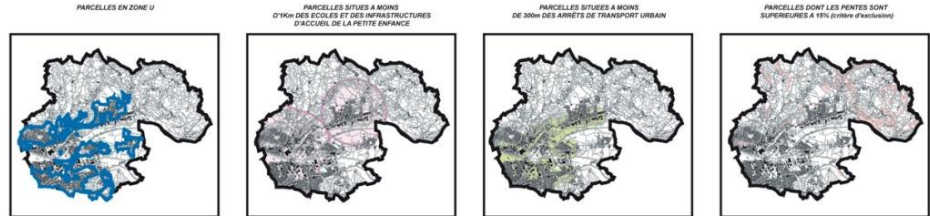
Superficie de la commune : 16,25 km²
Population de la commune : 7 019 hab.
Date d'approbation du Plan Local d'Urbanisme : 12/05/2006

MALEMORT-sur-Corrèze

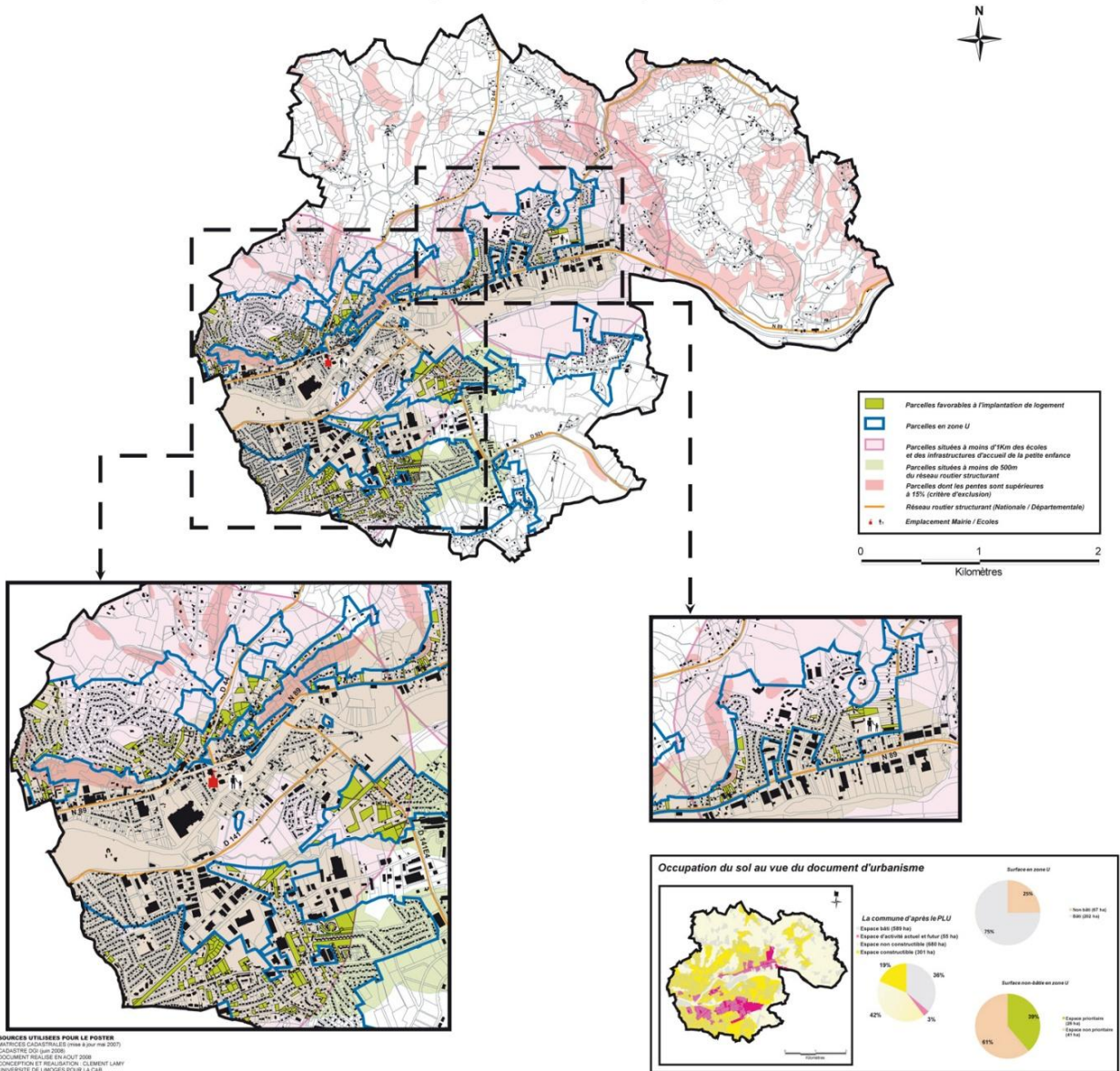
Carte de l'habitat



Les critères communautaires retenus

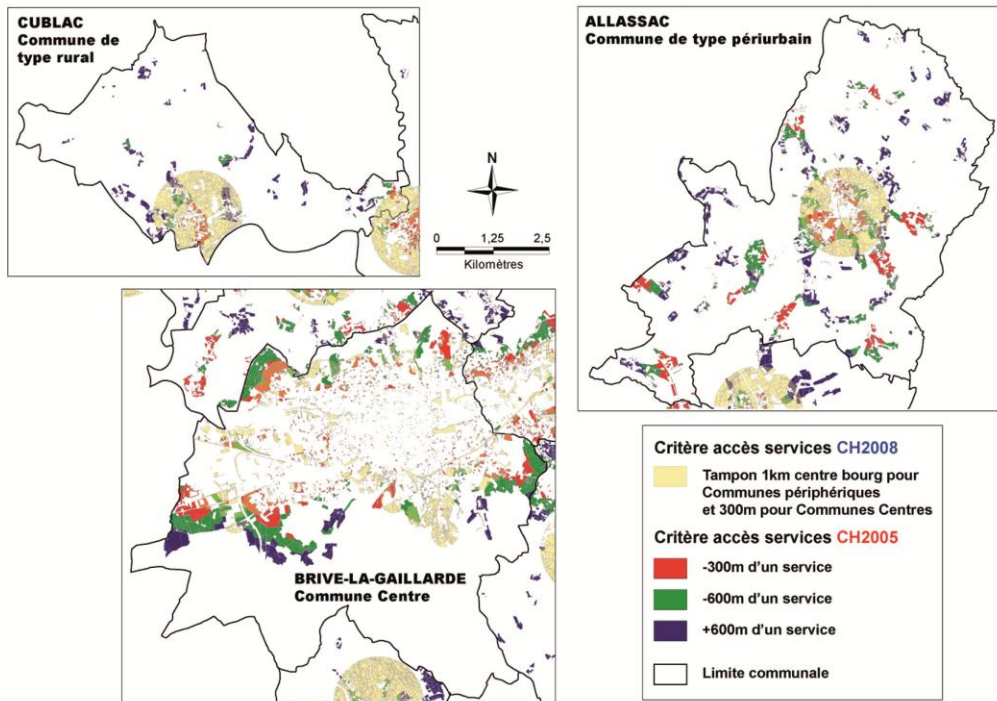
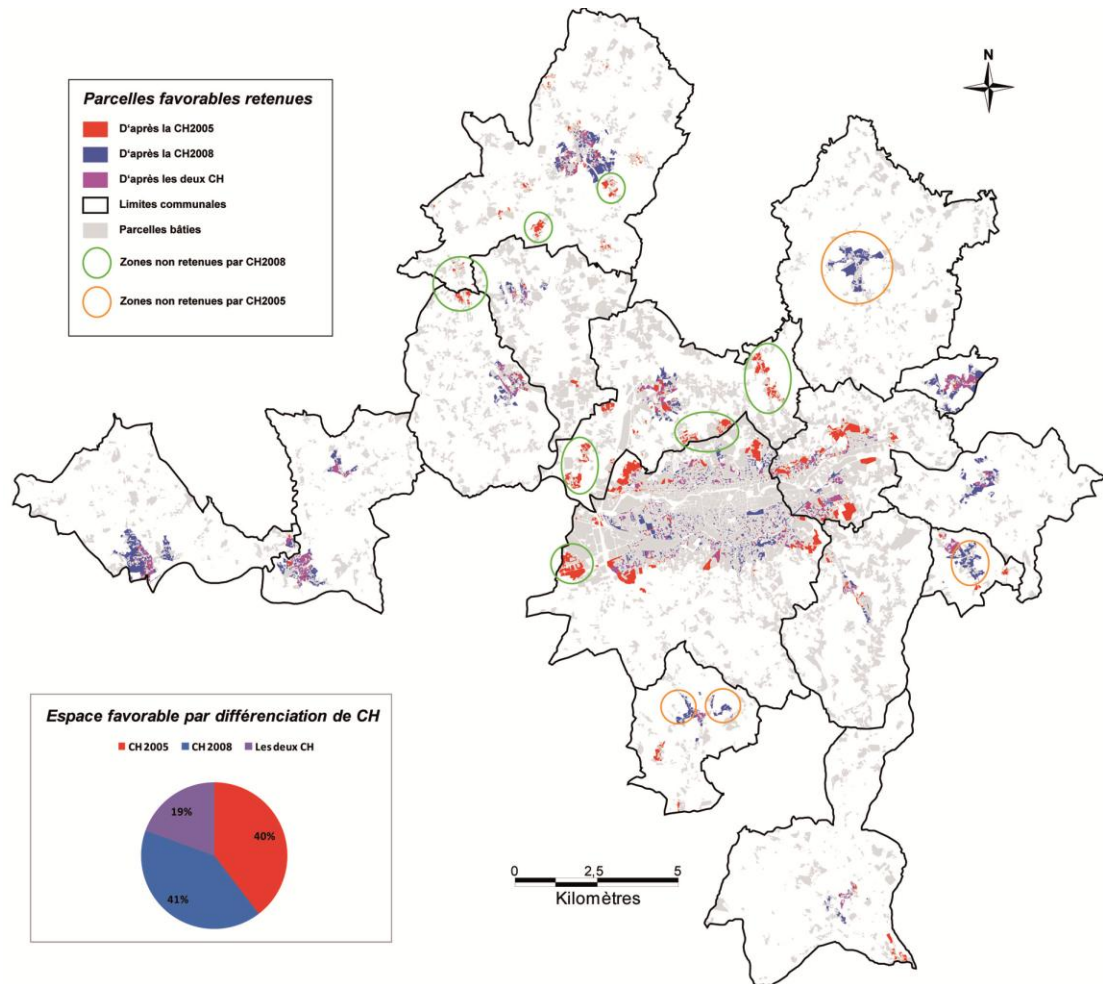


Synthèse : identification des parcelles prioritaires



Source: Les logements sociaux dans l'agglomération de Brive, C. Lamy, TER master 2 de géographie, Université de Limoges

Figure 23 : Carte de l'Habitat de Malemort révisée en 2008



Source: *Ibid*

Figure 24 : Analyse comparée des Cartes de l'Habitat 2005 et 2008

Entièrement remodelés au sein des services techniques de la CAB (en s'appuyant largement sur le travail réalisé par Clément), les 15 nouveaux posters communaux sont en circulation depuis avril 2009 dans les services techniques des mairies pour approbation. La volonté d'initier une politique d'intervention foncière reste donc d'actualité dans la politique d'habitat communautaire. Des rencontres ont été planifiées tout au long de l'année 2009 afin d'engager de nouvelles concertations et donc de nouvelles négociations avec les maires.

2. Cartographie des déperditions thermiques au sein des espaces résidentiels

En 2008, la communauté d'agglomération de Brive a collaboré à un projet de la JCE (Jeune Chambre Economique de la Corrèze) intitulé « *J'Isol'Où* ». Ce projet s'inscrivait dans une campagne de sensibilisation à l'attention des habitants de l'agglomération sur les déperditions d'énergie en toiture. L'originalité du projet concerne la prestation demandée au Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) qui a réalisé cette cartographie. Les survols avec un scanner infrarouge ont eu lieu dans le courant du mois de janvier 2009. Les résultats de cette cartographie (pour chaque unité d'habitation) sont accessibles sans connexions sécurisées, sur le site internet de la CAB, dans la rubrique « Habitat », figure 25). Cette initiative consiste à responsabiliser chaque propriétaire, en rendant l'information publique dans une période où les économies d'énergies répondent à des objectifs d'intérêt communautaire d'une part (développement durable) et individuel d'autre part (économique).

Aucune actualisation de cette cartographie n'a cependant été prévue afin de mesurer l'évolution des déperditions thermiques, et par conséquent l'efficacité de cette première campagne de sensibilisation adressée directement aux administrés. Si l'idée était originale, elle n'était pas la innovante puisque Dunkerque avait réalisé une cartographie thermique de son centre ville (consultable sur internet) au début de l'année 2004. Pour autant, ce n'est qu'au cours de l'année 2009 que de nombreuses grandes villes ont réalisé une opération similaire: Montpellier (en octobre), Paris (novembre), etc.

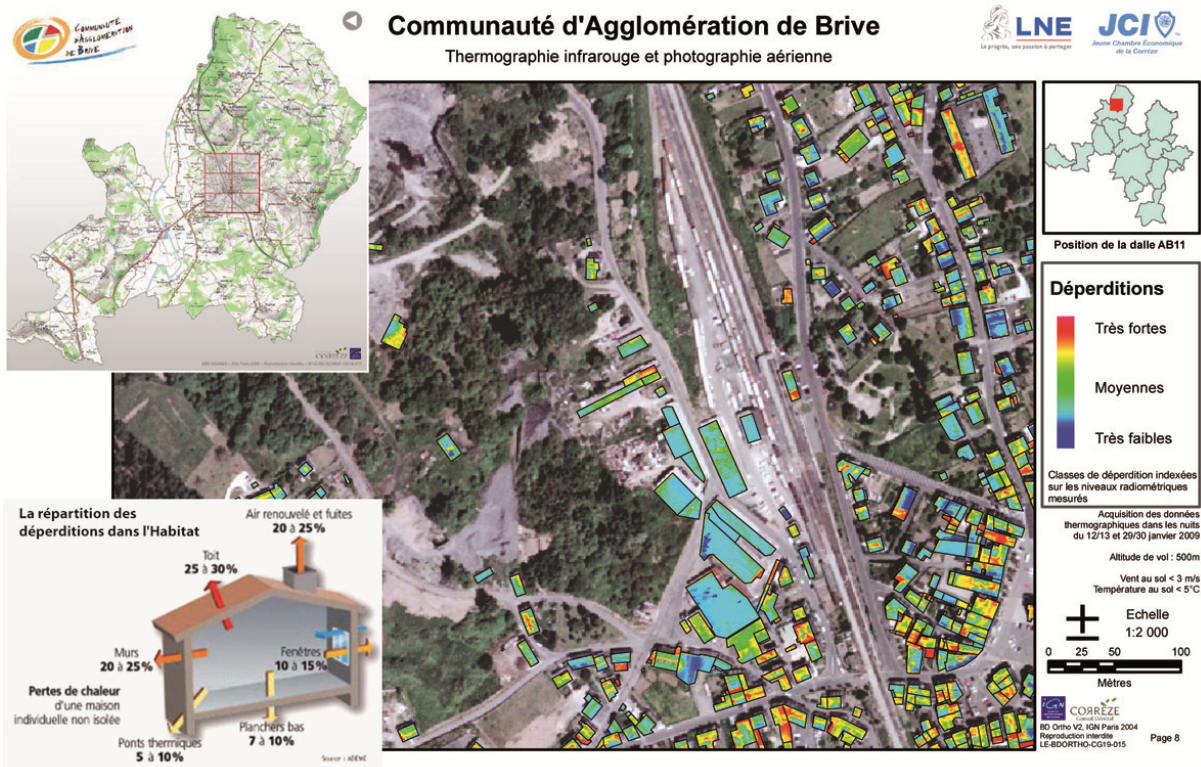


Figure 25 : Diagnostic des déperditions thermiques dans le bourg d'Allasac

Pour conclure,

Entre 2005 et 2009, le recours à la géomatique dans les pratiques professionnelles au sein de l'intercommunalité a beaucoup évolué. Malgré une concurrence importante de géoportails offrant des systèmes d'abonnement aux communes, la Communauté d'Agglomération a su conserver son rôle d'interlocuteur principal de ses communes-membres pour la collecte, la structuration et la mise à disposition des informations géographiques stratégiques utiles à la gestion et l'administration du territoire. En jouant la carte de l'actualité géomatique, la création du géoportail de la CAB a permis simultanément d'assurer ce que Jérôme Pesteil (responsable du SIG de la CAB) dénomme *un service public à l'attention des communes*, et de mettre en place les outils nécessaires à l'exécution des actions relevant de ses propres compétences. Cet équilibre instaure un climat de confiance entre l'intercommunalité et ses communes-membres, transformant progressivement un objectif de consultation et de mises à disposition d'informations stratégiques à des objectifs collaboratifs optimisant la gestion des territoires communaux. L'absence de référentiels concernant les documents d'urbanismes

reste le point faible du système mis en place, et de ce point de vue, les attentes se tournent vers la réalisation du SCOT (dossier en cours).

L'évolution de la culture géomatique des acteurs de l'intercommunalité ne se limite pas au développement de son géoportail pour autant très efficace : il existe aussi aujourd'hui des pratiques diversifiées permettant des approches prospectives. L'exemple de la *Carte de l'Habitat* en est une belle illustration par le caractère innovant d'une méthodologie d'études participatives au service d'une politique d'intervention foncière d'intérêt intercommunal. La collaboration au projet de la carte des déperditions thermiques et sa mise en ligne ouvre aussi de nouvelles voies consistant à communiquer une information à grande échelle directement aux administrés en espérant un changement dans les comportements. Ces approches ponctuelles conduites aux moyens de TIG dépendent principalement de la culture géomatique individuelle des responsables de services techniques, tandis que le géoportail assure le niveau de culture géomatique minimal pour l'ensemble des agents de l'intercommunalité.

Conclusion du chapitre II

Cette action-recherche revêt un caractère particulier dans le suivi de la culture géomatique d'une collectivité durant une dizaine d'années sur un même territoire grâce notamment à ces deux collaborations avec des intercommunalités spatialement emboîtées : le comité syndical de pré-configuration du Pays et la Communauté d'Agglomération, de Brive-la-Gaillarde. De 1999 (lorsque la géomatique restait très souvent l'affaire de pratiques individuelles spécialisées) à 2009 (où elle fait partie de la stratégie de développement des collectivités), ce chapitre « d'histoire contemporaine de la géomatique d'une intercommunalité » a permis de mettre en évidence les facteurs endogènes et exogènes favorables au développement d'un SIG au cours de la décennie 2000-2010. Cette mise au point sur l'émergence de ces SIG spécifiques a préférentiellement été appréhendée dans sa dimension géographique, tant sur le plan spatial (l'intérêt communautaire d'un Pays et d'une Communauté d'Agglomération) que temporel (contexte chronologique et évolutions technologiques). Les évolutions liées à l'intégration de la géomatique dans les pratiques professionnelles des différentes catégories d'acteurs ont également pu être abordées. Cette conclusion insiste sur les points importants mis en évidence au cours de cette action-recherche. Dans un premier temps, nous rappelons les facteurs contextuels qui ont été favorables au développement du SIG. Puis, nous soulignons les spécificités afférentes aux SIG d'intercommunalités, avant de conclure sur une analyse critique de la mission *d'aide à la décision* à l'attention d'une catégorie spécifique de décideurs territoriaux (les élus des petites intercommunalités).

Facteurs contextuels favorables au développement des SIG dans les intercommunalités

Les facteurs de développement d'un SIG peuvent être regroupés dans trois ensembles distincts : le contexte extérieur à la collectivité (actualités nationales de la géomatique et évolutions des pratiques des partenaires institutionnels), la dimension structurelle de la collectivité (taille, moyens et compétences territoriales), et enfin les attentes exprimées par les acteurs (techniciens, responsables de service et élus-décideurs). La démocratisation des TIG au cours de la décennie 2000-2010, qui a concerné le grand public avec des outils tels que

Google Earth, e-Plan, Street View, etc., s'est aussi opérée dans les organisations (entreprises, collectivités, institutions) où l'on constate une banalisation des SIG. Les évolutions technologiques qui ont optimisé l'échange et le partage des informations (développement des réseaux locaux, intranet puis le WebMapping) se sont conjuguées à un essor considérable de la commercialisation des référentiels géographiques⁸¹. L'abondance des informations géographiques mobilisables a largement optimisé la mise en œuvre et l'appropriation de ces technologies. Cet effet a notamment été amplifié pour les collectivités territoriales lors de l'arrivée des cadastres numériques qui constituent pour elles un matériau de premier plan (pour la connaissance, la gestion et la planification foncière).

D'un point de vue des facteurs internes à l'intercommunalité, le développement du SIG est incontestablement lié à sa reconnaissance institutionnelle dans la stratégie de la collectivité qui y affecte alors les moyens financiers nécessaires aux ressources technologiques et humaines. A la fin de la décennie 2000, les pratiques consistant à nommer un collaborateur déjà en place « responsable du SIG » sont encore fréquentes. Il s'agit en réalité d'une charge de travail additionnelle à sa mission principale : la bibliographie spécialisée témoigne, depuis plusieurs années, de l'inefficacité de ces configurations⁸².

Dans le cas de notre action-recherche menée avec le comité syndical de Pays, l'absence de ressource humaine dédiée au SIG avait conduit les deux chargés de missions à une pratique simplifiée, plus proche de la reprographie que de la géomatique. Lors de l'étude *Carte de l'Habitat* de 2005, alors que la CAB avait déjà 4 ans d'expérience et environ 40 salariés, l'absence de ressource interne en géomatique n'a pas facilité cette expérience de cartographie participative, dont le bilan positif concerne plus l'émergence d'une culture géomatique au sein de la collectivité que le nombre de logements sociaux construits.

Dans l'historique retracé par ce chapitre, les spécialistes de géomatique ne parleraient d'un *SIG de collectivité* qu'après 2005, dès lors qu'un poste d'ingénieur territorial en charge de l'administration des données et du SIG a été créé ; car il s'agit bien d'une évolution géomatique majeure pour la collectivité : il ne s'agit plus seulement de pratiques

⁸¹ Au début des années 2000, l'IGN dominait le marché des référentiels géographiques les plus utilisés. A la fin de cette décennie, le marché de l'information géographique s'est amplement ouvert et de nouveaux organismes diffusent des référentiels tels que Multinet, NavTech, etc.

⁸² *Bilan et perspectives de 20 années de géomatique*, Géomatique Expert, Pornon (2007)

individuelles. Dès lors que le SIG s'est structuré au sein de la collectivité⁸³, de nouvelles missions lui ont d'ailleurs été assignées : présenté comme un outil *d'aide à la décision* pour l'intercommunalité, le SIG a été prioritairement dédié à une géo-collaboration au service des communes-membres, puis à l'instruction et au suivi des actions relatives aux compétences territoriales de l'intercommunalité. Au final, les démarches ponctuelles pour la réalisation d'états des lieux et de diagnostics territoriaux visant une aide à la décision sur une politique précise représentent une part minoritaire dans l'activité géomatique de l'intercommunalité.

Spécificités d'un SIG d'intercommunalité

Qu'il s'agisse d'inventaires, de diagnostic territoriaux, voir de scénarios (soit de cartographie descriptive, analytique ou prospective), les représentations spatiales produites par les Systèmes d'Informations Géographiques contribuent à une meilleure connaissance du territoire, à engager les concertations entre les acteurs territoriaux, à exposer le projet de réalisation d'un aménagement, etc. Ces améliorations dans les pratiques professionnelles bénéficient à l'ensemble des acteurs : outils plus performants pour les techniciens dans l'accès et le traitement de l'information, pour les responsables de services en termes de compréhension du territoire, et enfin pour les élus-décideurs pour l'appréciation des enjeux et au final une aide à la décision. Mais ces changements diffèrent fortement en fonction des échelles spatiales auxquelles les réflexions et concertations sont engagées. En passant du Pays à la Communauté d'Agglomération, les acteurs territoriaux sont passés d'un projet territorial représenté par un zonage à échelle moyenne (1/50 000) à une cartographie superposée au cadastre et liée directement aux fiches de propriétés foncières. Le SIG a alors su trouver sa continuité dans la gestion d'actions territorialisées en proposant un ensemble d'outils facilitant les instructions technique, législative et administrative des dossiers d'urbanisme par exemple. Dans le cas de la CAB, ce phénomène s'illustre notamment par le développement presque exclusif d'applications « métiers » relatives à l'assainissement, la seule de ses compétences territoriales qui intègre une maîtrise d'ouvrage. Mais de ce point de vue, ces atouts géomatiques sont exploités par les intercommunalités comme par la plupart des organismes utilisateurs de SIG qui souhaitent s'ancrer dans le territoire. Quels sont alors les points particuliers qui distinguent l'usage intercommunal d'un SIG ? La mise à

⁸³ jusqu'en 2005 le « SIG » n'était donc qu'une base de données aux mains d'universitaires

disposition d'informations stratégiques normalisées dotées d'une plateforme technique permettant aux communes d'optimiser leurs compétences territoriales, constitue probablement l'action la plus caractéristique d'une géomatique d'intercommunalité. Indéniablement, la mise en place du référentiel à grande échelle (en 2004) a été le déclencheur de cette dynamique, et la reconnaissance institutionnelle du SIG à cette même période devient alors explicite : au-delà des besoins des services techniques de l'intercommunalité, la motivation était d'abord de se positionner comme l'interlocuteur privilégié (et si possible incontournable) des communes membres pour tous les outils concernant les informations géographiques, surtout celles afférentes au foncier. La structure intercommunale acquiert ainsi une position stratégique dans les jeux d'acteurs locaux, au sein desquels elle peut alors mettre en œuvre sa *politique territorialisée* d'intérêt communautaire.

SIG, aide à la décision et intérêts intercommunaux

L'expression « *politique territorialisée* » était fréquemment utilisée par les responsables de services et les élus de la CAB pour exprimer l'idée que leur politique trouvait une continuité d'actions sur le terrain, notamment lorsqu' il devenait possible d'identifier la parcelle cadastrale sur laquelle l'aménagement serait optimal.

Mais force est de constater qu'il existe un décalage certain entre l'intérêt intercommunal théorique et son application pratique à l'échelle du foncier : dans ces petites structures intercommunales, le conseil communautaire est très majoritairement constitué par les maires des communes-membres (dans le cas de la CAB, 18 membres pour 15 communes). L'intérêt intercommunal qui a servi à définir les critères d'installations de logements sociaux dans le cadre de la *Carte de l'Habitat* était unanime au sein du conseil communautaire. Cependant, dès que les parcelles ont été clairement identifiées et représentées, le maire de la commune concernée réagissait systématiquement à une forme d'ingérence territoriale puisque selon lui, l'intercommunalité se positionnait alors sur une compétence communale (la construction résidentielle). Cette "schysophrénie obligée" pour ces élus de petites intercommunalités explique en grande partie l'échec dans les résultats obtenus au cours des expériences de cartographie participative.

Ainsi, la géomatique est aujourd'hui intégrée dans les pratiques professionnelles pour la gestion quotidienne des tâches relevant de compétences territoriales clairement identifiées, mais doit encore progresser lorsqu'il s'agit d'initier de nouvelles pratiques, notamment lorsque ces dernières visent une aide à la décision.

Finalement, les SIG d'intercommunalités semblent prioriser la structuration et l'accès aux informations géographiques afin d'affirmer une position stratégique d'interlocuteur privilégié sur les outils nécessaires à la gestion et à la planification foncière. Cette logique de positionnement dans les jeux d'acteurs locaux est valable à l'attention des communes qui la composent comme à l'attention des partenaires extérieurs. Notons toutefois, à la fin de cette décennie, que la technologie mise en œuvre à la CAB a permis, au-delà d'une mise à disposition des informations, une véritable géo-collaboration : les communes instruisent leurs dossiers de Certificat d'Urbanisme sur le même référentiel que la CAB utilise pour l'avis obligatoire concernant le mode d'assainissement.

Cette dernière évolution correspond aux objectifs préconisés par les précurseurs de la géomatique en France :

"Le moment est venu d'un changement de paradigme dans l'approche des SIG. Après nous être focalisés jusqu'à ce jour sur le déploiement des SIG dans les organisations et leurs appropriation par les acteurs concernés (qu'il fallait convaincre de travailler avec des SIG), il s'agit maintenant d'aider les utilisateurs et les organisations à travailler ensemble avec des SIG" (Pornon, 2007).

Concernant les collaborations extérieures, la prise en charge de nouvelles compétences territoriales oblige les intercommunalités à s'inscrire dans une rigueur certaine de pratiques géomatiques : par exemple la CAB, en souscrivant à la compétence d'Autorité Organisatrice des Transports (AOT), participe à une commission régionale regroupant l'ensemble des collectivités ayant cette compétence (Conseil Régional, Conseils Généraux, communautés d'agglomérations...) afin de mettre en place un référentiel unique assurant l'interopérabilité des données entre les différentes collectivités.

Le SIG de la CAB s'affirme donc grâce à une interopérabilité avec les outils de ses principaux interlocuteurs. Il reste cependant regrettable que cette technologie ne soit pas directement au service d'une aide à la décision pour l'intérêt communautaire, mais semble privilégier le service rendu (la mise à disposition d'informations stratégiques) à chacun de ses interlocuteurs. Dans le chapitre suivant, nous aborderons plus spécifiquement la problématique de l'aide à la décision dans un autre type de structure territoriale (le Conseil régional du Limousin) où la contrainte de la double fonction des élus est alors peut être moins contraignante.

SIG ET COLLECTIVITES TERRITORIALES

Pratiques géomatiques contemporaines au Conseil Régional Limousin

Actions-recherches en collaboration avec :

CR Limousin : Conseil Régional du Limousin

Pôle *Aménagement du Territoire*

- Direction *Aménagement durable des territoires, service Accueil des populations*
- Direction *Transports et déplacements*

Référents impliqués : Olivier Barlogis, Florence Colette, Michael Jarry

UMR CNRS 6042 GEOLAB : Laboratoire de géographie environnementale

Intervenants : Farid Boumediene, , Edwige Garnier, Frédéric Richard

SIG ET COLLECTIVITES TERRITORIALES

Pratiques géomatiques contemporaines au Conseil Régional du Limousin

Introduction du chapitre III	155
I. Contexte géomatique au Conseil régional Limousin	156
A. Mise en place du SIG-Cr Limousin	157
B. Une ressource technologique mutualisée.....	159
C. L'aide à la décision par le SIG, des services techniques aux élus-décideurs de la collectivité.....	165
II. Etude de cas : géodynamiques des migrations résidentielles vers le Limousin	169
A. Contexte et objectifs.....	170
B. Méthodologie et cartographie.....	176
C. Un géo-diaporama à l'attention de gestionnaires du territoire.....	185
III. Etude de cas : géodynamiques des migrations régulières dans les TER	200
A. Contexte et objectifs.....	201
B. Méthodologie	207
C. Résultats obtenus	217
Conclusion du chapitre III.....	243

Introduction du chapitre III

Le SIG du Conseil régional du Limousin s'est mis en place sur la même période que celle des intercommunalités de Brive traitées dans le chapitre précédent, mais avec plus de constance. Initié en novembre 2001, le SIG est depuis 2003 intégré au système d'informations du Conseil régional et ses principales fonctionnalités sont accessibles à tous les agents des services techniques via un portail interne (cartothèque, outil d'analyses spatiales et de requêtes attributaires, productions cartographiques personnalisées). La maturité dans le recours aux TIG depuis 2001 permet aujourd'hui d'observer une Infrastructure de Données Géographiques (IDG) fiable dans une interface multiutilisateurs ergonomiquement avancée et techniquement adaptée aux besoins exprimés par les différents services.

Les missions d'inventaire et d'observatoire du SIG, banalisées dans les pratiques professionnelles au cours de la décennie 2000 - 2010, ont facilité la réalisation d'états des lieux sur de nombreuses thématiques. L'automatisation (et par la même la normalisation) de la production de cartes descriptives a permis d'intégrer une réflexion spatiale dans les études réalisées en interne par les services techniques. Cette pratique s'est d'ailleurs rapidement généralisée au sein de la collectivité grâce au géoportail (dont l'accès est limité à l'intranet).

En 2009, malgré un bilan globalement positif de l'intégration des outils géomatiques au sein de la collectivité, Jean-Yves Jabet (ingénieur territorial responsable du SIG) menait une réflexion visant à optimiser la production (en interne) de documents d'aide à la décision, en développant les capacités d'analyses spatiales et de travaux géostatistiques (compétences peu présentes dans les services techniques). Durant cette période (2008-2009), le laboratoire GEOLAB a collaboré avec différents services techniques du Conseil régional. Les deux actions-recherche présentées dans ce chapitre sont représentatives et permettent d'apprécier les besoins exprimés en termes de diagnostics territoriaux et d'aide à la décision par la collectivité territoriale.

Après une rapide présentation de l'interface et des fonctionnalités du SIG-Cr Limousin accessible aux agents des services techniques, nous exposons ces deux actions-recherches conduites au sein du *Pôle Aménagement du territoire* avec des *Directions* différentes : la *Direction de l'aménagement durable des territoires* (service accueil et territoires) et la *Direction*

Transports et déplacements (pour deux études portant respectivement sur les flux migratoires résidentiels entrants et sur les déplacements réguliers au sein du réseau ferré TER).

Ce chapitre permet ainsi d'investir les pratiques géomatiques de la collectivité, grâce à une collaboration étroite avec les techniciens, les chefs de services et le responsable du SIG. A l'inverse des actions-recherche précédentes où la méthodologie avait permis des démarches participatives avec les élus, les deux expériences présentées dans ce chapitre se sont conclues par une présentation de résultats finalisés devant les élus lors de commissions thématiques. Nos actions-recherche concernent donc avant tout la confection de documents de synthèse qui préfigurent les documents d'aide à la décision, à destination de *Directions techniques* et/ou à l'attention des instances décisionnelles du Conseil Régional Limousin. Les flux migratoires que nous avons étudiés s'expriment à deux échelles temporelles : les déplacements résidentiels et les déplacements pendulaires. Ces deux géodynamiques constituent de véritables enjeux pour ce gestionnaire du territoire, qui doit identifier les leviers d'actions d'intérêt collectif dans un domaine de connaissances difficile à appréhender et à mesurer (et donc à diagnostiquer).

I. Contexte géomatique au Conseil régional Limousin

Cette présentation du SIG-CR Limousin s'appuie sur des comptes-rendus de réunions, des notes de synthèse et des présentations réalisées par différents acteurs du SIG. Pour compléter ces connaissances, trois entretiens (d'environ 1h) avec Jean-Yves Jabet ont été menés. Cet ingénieur Territorial référent du SIG est l'auteur (ou le co-auteur) de chacune des notes de synthèse précitées. Après un rapide historique du développement réalisé en interne, nous présentons la ressource technologique constituée à l'attention des agents des services techniques. Enfin, nous insistons sur les objectifs contemporains du SIG, notamment sur les fonctionnalités *d'aide à la décision*.

A. Mise en place du SIG-Cr Limousin

Le SIG du Conseil régional Limousin est une réussite sur le plan de son intégration auprès des services techniques de la collectivité. Après 10 années d'existence, les premiers objectifs ont été atteints : constituer une base référentielle accessible à tous. Cependant, le SIG peut encore optimiser les analyses spatiales qui pourraient (ou devraient) être mises en œuvre pour la réalisation de documents de synthèse, adressés aux responsables des services techniques comme aux décideurs.

1. Les principales étapes de la mise en place

Initié en novembre 2001, le projet SIG du Conseil régional visait un objectif clairement annoncé⁸⁴ par l'ingénieur territorial en charge de cette mission : « *fournir des outils de spatialisation afin de répondre aux besoins croissants des services pour la constitution d'outils d'Aide à la Décision* ».

La première étape a consisté à structurer les premières bases de données (référentiels géographiques de l'IGN, Insee...) et à effectuer la conversion progressive des données « métiers » au format adapté au SIG en projet. Au premier trimestre 2002, une première architecture de données est proposée aux utilisateurs les plus pressants qui travailleront quelques temps encore sur des postes individuels et une base de données stockée sur serveur⁸⁵.

Dès le début de l'année 2003, le développement d'une interface intranet multi-utilisateurs est à l'ordre du jour afin de faciliter l'utilisation du SIG et l'interopérabilité avec les autres ressources techniques du Conseil Régional. Le SIG est ainsi accessible à tous les agents du Conseil régional via le portail interne depuis 2003, et les bases de données n'ont cessé de croître à la demande des services. La préoccupation principale de Jean-Yves Jabet a d'ailleurs toujours été d' « *assurer une adaptation de la technologie aux besoins émergents liés à l'utilisation croissante du SIG* ».

⁸⁴ dans les notes internes concernant la mise en place du SIG Cr Limosuin (JABET JY, 2003)

⁸⁵ La solution logicielle choisie pour le SIG a été ARCGIS et ses modules d'extensions, notamment pour son module de Geodatabase permettant (obligeant) un catalogage rigoureux des données et un archivage facilement manipulable.

2. Un SIG dans le système d'informations de la collectivité

La mise en place du SIG du Conseil Régional s'est effectuée à la même période que le développement du réseau intranet de la collectivité. Cet équipement devenait indispensable pour la mise en place du Système d'Informations, dans lequel le SIG a été intégré. Comme dans la majorité des collectivités (mis à part peut être quelques municipalités), le SIG est considéré comme une ressource transversale, sous la tutelle de la Direction Générale des Services. Il est intéressant de noter que, jusqu'en 2005, toutes les notes de communication interne concernant le projet SIG-CR Limousin insistaient sur ce point : « *le SIG n'est pas sous la direction du service informatique et se doit d'être un outil transversal* ».

L'ensemble du développement a été réalisé en interne, malgré le défi technique que cela pouvait représenter au regard de la faible ressource humaine disponible (un agent dédié à cette tâche qui bénéficiait d'un soutien technique épisodique du service informatique). Le Conseil régional s'est ainsi assuré de la maîtrise en interne (financière et technologique) du développement de son SIG et notamment de son interopérabilité avec le Système d'Information (donc avec toutes les autres informations non spécialisées utiles au fonctionnement de la collectivité).

3. Au-delà de l'inventaire des équipements, des objectifs d'exploitation difficiles à mettre en œuvre

Depuis 2007, un net ralentissement sur le recours aux TIG est ressenti par l'ingénieur Jean-Yves Jabet. Jusqu'à cette date, les directions de services les plus concernées étaient principalement les *Pôles Territoires, Environnement, Transports et Enseignements*. Comme dans de nombreux projets, les phases de collectes et de structurations des données (conduisant à la géolocalisation des équipements et aux liens attributaires) ont été le principal investissement des agents. L'évolution du marché de l'information géographique (les données référentielles commercialisées par l'IGN et l'Insee sont de plus en plus exhaustives et de moins en moins coûteuses) a permis d'exhausser considérablement le nombre d'entités géographiques comme les informations alphanumériques (géocodées), évitant ainsi de nombreuses heures de saisie fastidieuse pour les différents services techniques. Un sentiment unanime a été recueilli auprès des acteurs du SIG et de nos interlocuteurs au sein des services techniques : depuis que les inventaires des entités géographiques ont été réalisés

(saisie des équipements par exemple), les phases d'exploitation des données (analyses spatiales, géostatistiques...) ne trouvent pas le même engouement, et aux dires de nos interlocuteurs, les trois principales raisons sont les suivantes : *les objectifs sont mal identifiés, par manque de temps, et/ou par absence de compétences techniques*. Ainsi, la seconde période de développement des pratiques géomatiques (après l'inventaire, l'exploitation analytique) est à peine amorcée. En 2009, l'actualité du SIG consistait encore à intégrer des domaines d'activités qui n'avaient jusqu'alors pas réellement été présents dans le groupe de travail SIG : le pôle *Culture* terminait le recensement de tous les équipements régionaux (musée, théâtre, centre culturel....), le pôle *Santé* terminait une cartographie des installations médicales en Limousin, etc. Au final, pour les agents des services techniques, le SIG représente *une base de données référentielles (exhaustive, fiable et identique pour tous les agents du Conseil régional) au sein de laquelle les données dites « métiers » (données spécifiques à certaines thématiques) sont intégrées et consultables à partir d'une connexion sécurisée*. Mais depuis sa mise en place, le SIG du Conseil régional est principalement utilisé pour l'édition de cartes descriptives par les agents des services techniques. Quelques projets plus « avancés » ont toutefois été réalisés en interne, mais toujours par le responsable du SIG (à la culture géomatique la plus avancée) : l'exemple le plus remarquable d'outil d'aide à la décision est la mise en ligne dans le géoportail du Schéma Régional Eolien que tous les agents peuvent consulter et superposer à leurs données métiers. De tels exemples sont toutefois peu nombreux et surtout rarement à l'initiative des services techniques.

B. Une ressource technologique mutualisée

Conjointement à la mise en place du SIG, Jean-Yves Jabet assurait deux types de formations qui visaient une appropriation optimale de la technologie : une journée entière pour les utilisateurs du portail interne, et une formation « à la demande » pour les référents SIG des services utilisateurs de la suite ARCGIS. Les besoins comme les pratiques étant fortement différenciés d'un service à l'autre, comme d'un individu à l'autre, le portail interne propose 3 niveaux d'utilisation : récupérer une carte réalisée antérieurement, composer une carte en superposant des couvertures cartographiques disponibles, et enfin la possibilité d'effectuer des requêtes (spatiales et/ou attributaires) afin de filtrer les objets à représenter sur la carte souhaitée (exemple : carte des entreprises de plus de 50 salariés).

1. La cartoθήque

La cartoθήque numérique est une application permettant de récupérer des cartes intégrables dans les documents de bureautique (carte au format pdf ou jpeg). Les cartes proposées concernent tous les thèmes des services techniques et ont été réalisées (en interne ou en externe) au gré des études antérieures. Il s'agit donc de cartes descriptives traitant les statistiques les plus courantes d'un service et le plus souvent utiles pour des actions interservices : localisation et typologie détaillée des lycées, localisation des gymnases, localisation des gares et tracés des voies ferrées TER, etc. (figure 26).

Figure 26 : Connexion à la cartoθήque numérique du SIG-CR Limousin

En 2010, entre 10 et 15 cartes sont disponibles pour chaque thématique. Ces dernières ont été établies progressivement, au fil des demandes de productions cartographiques des services les plus utilisateurs : agriculture, emploi, enseignement, environnement, habitat, population,

sport, TIC, territoires, transports et plus récemment la santé. La cartothèque ne constitue pas pour autant une véritable pratique géomatique, puisque les utilisateurs ne conçoivent pas les cartes, ne les réalisent pas, mais les récupèrent pour les importer dans un document en cours de confection.

2. L'interface multi-thèmes et les données métiers

Une interface SIG permettant de choisir les thèmes à superposer, (y compris l'information attributaire) a été développée de sorte à proposer deux services distincts. Le premier est un SIG en ligne permettant de superposer toutes les entités géographiques dites référentielles (limites administratives, réseau routier, réseau hydrographique, Scan IGN, occupation du sol...). Ces couvertures cartographiques concernent généralement les informations géographiques commercialisées par les producteurs nationaux (IGN, INSEE, Multinet, BDatlas...). Le second service dénommé « SIG multi-thème », dont l'accès est restreint à des utilisateurs formés, contient des données spécifiques aux compétences territoriales du Conseil régional : il s'agit de données produites et intégrées en interne (encore appelées « thèmes sectoriels » ou « données métiers ») spécifiques à un service ou aux compétences transversales d'un service (*Environnement, Economie...*).

On y trouve, par exemple, les zones couvertes par la fibre optique (haut débit) DORSAL du service technique *Médias/TIC*, les établissements de soins pratiquant la psychiatrie du service *Santé*, ou bien encore les obstacles sur les parcours de kayak du service *Sport*, etc. (figure 27). Toutes les entités géographiques de cette base de données (exhaustive sur le nombre d'objets topologiques et sur les statistiques qui les accompagnent) sont localisées avec une précision métrique : par l'adresse pour le milieu urbain, et par le toponyme du lieu-dit en milieu rural.

Enfin, les utilisateurs authentifiés peuvent accéder à une rubrique appelée « thèmes statistiques » : il s'agit des représentations spatiales thématiques construites à partir des entités géographiques référentielles couplées à un grand nombre d'informations attributaires : par exemple le pourcentage de résidences secondaires par commune, l'évolution du nombre d'emplois dans l'agriculture, le solde naturel communal, etc.

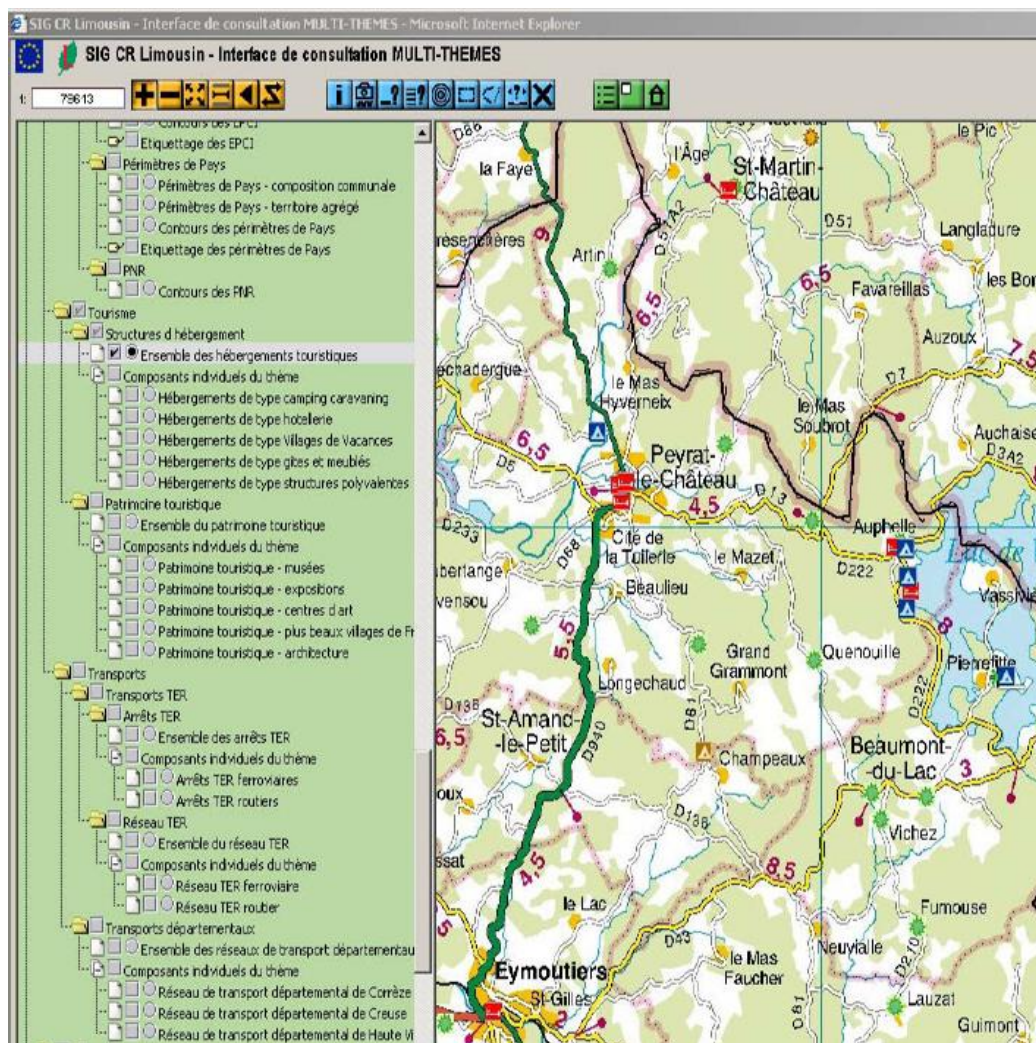


Figure 27 : Interface multi-thème du SIG-CR Limousin

3. Potentiel d'usages pour l'utilisateur

Les agents des services techniques ont ainsi accès à une interface ergonomiquement avancée leur permettant la réalisation de nombreuses cartes. La pratique géomatique ne consiste cependant qu'à superposer des thèmes. Les classifications comme les discrétisations qui donnent ces productions cartographiques sont pré-formatées dans l'interface, normalisant ainsi les productions de la collectivité en laissant peu d'initiative aux techniciens.

L'interface prévoit tout de même un module de requêtes (figure 28) afin de réaliser des sélections d'entités soit sur des critères géographiques soit sur des critères attributaires (par exemple, sélectionner les unités de soins pratiquant la médecine et la chirurgie disposant de plus de 20 lits).

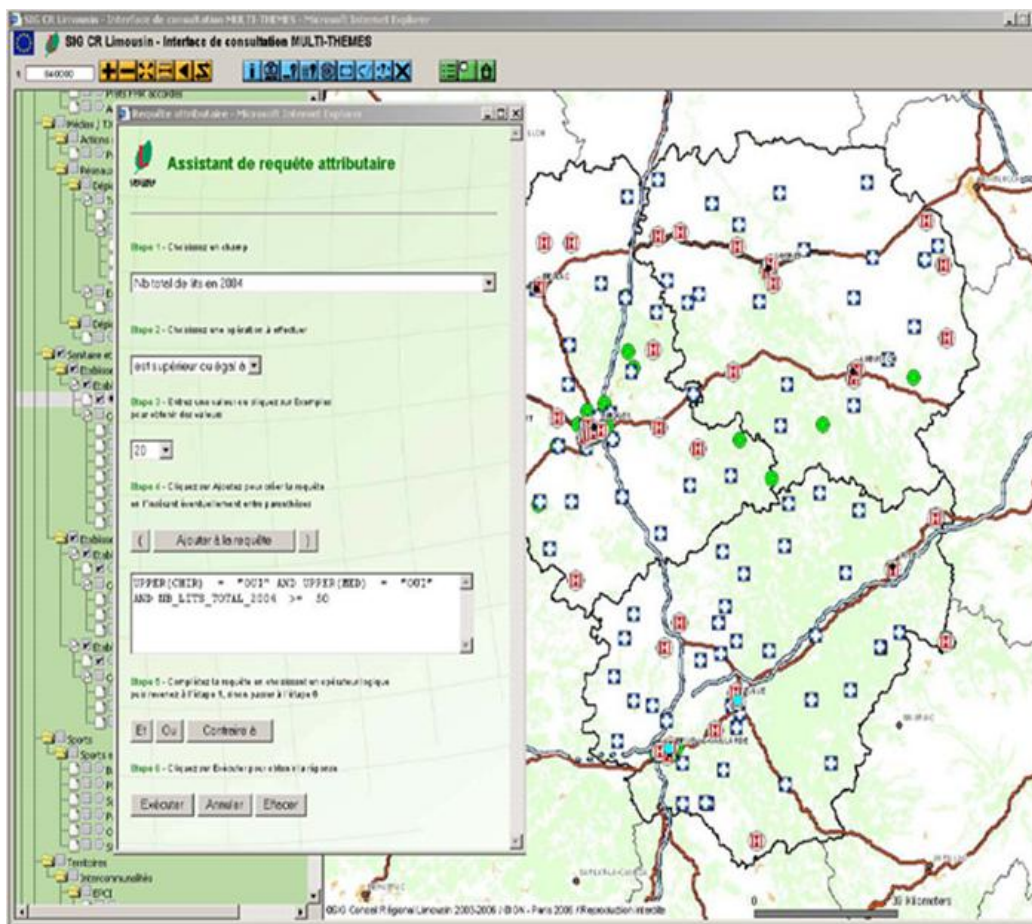


Figure 28 : Interface « utilisateur » pour les requêtes attributaires du SIG-CR Limousin

Chaque agent peut donc conduire une réflexion sur la distribution géographique de l'ensemble des équipements situés dans la région (ou une partie d'entre eux) à partir de critères spécifiques. Cette réflexion conduite à partir de requêtes attributaires peut être couplée au système de requêtes spatiales afin de se rapprocher le plus possible des missions d'aide à la décision.

Un très bel exemple est celui du schéma éolien régional (figure 29) : un utilisateur peut évaluer la pertinence d'un site d'exploitation en superposant la couverture cartographique de modélisation de la vitesse moyenne du vent, les zonages réglementés, les servitudes et obstacles. Dans le cas d'un résultat positif, l'utilisateur peut également mesurer la plus courte distance pour se relier à un poste électrique. Enfin, une fonctionnalité multicouche permet de sélectionner les autres entités qui chevauchent la zone étudiée : ZNIEFF, Sites Inscrits, plan d'eau, etc. Dans le cadre d'une démarche d'aide à la décision, un bon usage du SIG permet donc d'évaluer le potentiel technique du projet éolien (modélisation des vitesses du

vent), tout en appréciant sa faisabilité au regard des contraintes urbanistiques, d'infrastructures et environnementales dans la zone concernée.

Le SIG CR-Limousin, à travers cette interface commune accessible par l'intranet de la collectivité, possède toutes les fonctionnalités techniques pour servir d'outil d'aide à la décision, notamment pour les techniciens du service *Environnement*.

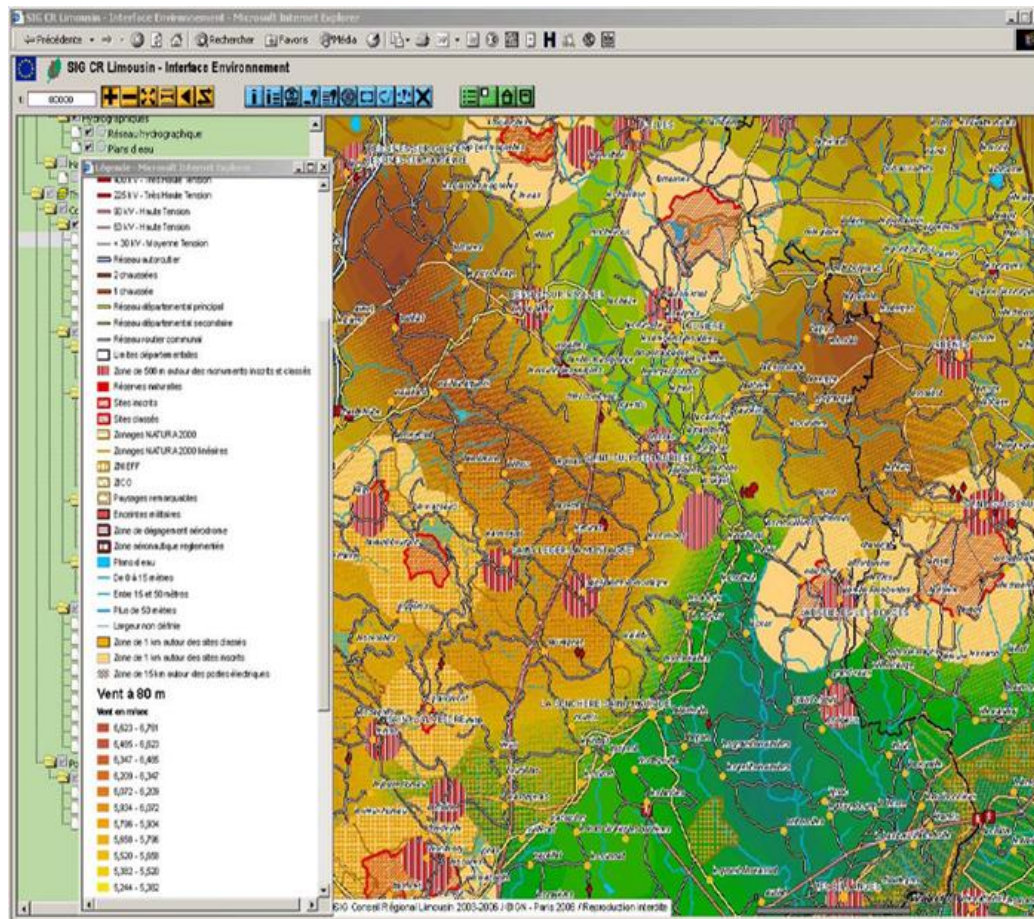


Figure 29 : Interface d'aide à la décision dans le cadre de l'application du schéma éolien régional [SIG-CR Limousin]

Pour autant, ce sont d'abord le profil professionnel et la culture géomatique de l'utilisateur qui vont conditionner les pratiques : accès principalement à la cartothèque afin d'illustrer les rapports, réalisation de cartes par un choix pertinent des couches à superposer, réalisation d'un diagnostic par des requêtes spatiales et attributaires, etc. Ce géoportail démocratise ainsi le recours aux SIG dans l'ensemble des services techniques du Conseil régional en offrant un cadre facilitant l'usage des TIG, mais également une procédure de standardisation

des productions cartographiques et l'usage de référentiels géographiques et attributaires accrédités par l'organisation. L'homogénéisation des pratiques géomatiques des techniciens, chargés de missions et chefs de services constitue un avantage à l'égard de l'institution qui normalise sa communication extérieure. Les différentes sources d'informations géographiques utiles à chaque service technique sont ainsi regroupées dans une base de données exhaustive mais référentielle, dont l'un des atouts est incontestablement l'interopérabilité dans le cas de démarches transversales.

C. L'aide à la décision par le SIG, entre les services techniques et les élus-décideurs de la collectivité

Ainsi, si seuls les techniciens et chefs de service utilisent l'interface du SIG, comment les TIG contribuent-elles aux décisions prises au sein de la collectivité ? Dans cette dernière partie qui précède les actions-recherche que nous avons conduites en 2008 et 2009, nous présentons le cadre théorique de la dimension organisationnelle du SIG-CR Limousin sous deux aspects : les pratiques géomatiques quotidiennes des services techniques et les modalités de contribution du SIG pour les sphères décisionnelles.

1. Le SIG dans les services techniques, limites et contraintes

Tous les agents du Conseil régional ont accès à l'interface décrite précédemment, et un référent est identifié dans chaque service en tant qu'interlocuteur (unique) de l'ingénieur en charge du SIG. Ces référents (15 en 2009) structurent les données « métiers » à intégrer et expriment les nouveaux besoins des services techniques lors de leurs échanges avec Jean-Yves Jabet. Considérés comme des utilisateurs avancés, ces 15 référents disposent également d'une installation monoposte permettant la saisie de nouvelles entités géographiques, mais également la possibilité de réaliser des analyses géostatistiques qui seraient impossibles à réaliser à partir de l'interface communément utilisée (un découpage d'entités géographiques lors d'une mesure d'interaction spatiale par exemple). Aux débuts des années 2000, la plupart des services techniques ont contribué au développement du SIG, dans une période où inventorier et cartographier les équipements était un premier pas vers la constitution d'outils d'aide à la décision. Les cartes descriptives ont ainsi abondamment alimenté une

cartothèque réactualisée au gré de la mise à jour des bases de données référentielles (recensement Insee et sorties des référentiels de l'IGN), « métiers » (nouvel inventaire réalisé en interne ou lors d'une prestation externalisée), ou de nouvelles études ponctuelles (données de synthèse).

Cependant, l'enthousiasme lié à l'effet « nouvelles technologies⁸⁶ » s'est incontestablement essoufflé depuis 2005 et peu de nouvelles pratiques ont pu être observées dans les différents services de la collectivité. Les initiatives géomatiques interservices pour des prises de décisions cohérentes (telles que la mise en ligne du Schéma Régional Eolien), sont pensées et mises œuvre par le directeur du Pôle Aménagement et le responsable du SIG. Pour ce dernier, le ralentissement observé dans le développement du SIG (notamment l'absence d'exploitation des données au moyen d'analyses spatiales et/ou de géostatistiques au sein des services) est d'abord dû à un blocage des chefs de services (n'acceptant pas que les techniciens y consacrent trop de temps) et à l'absence de compétences spécifiques dans la formation des agents.

2. Relations entre la décisionnaires et les représentations spatiales

A l'inverse du système participatif réalisé dans la petite communauté d'agglomération de Brive, nos échanges avec les élus ont été plus « lointains » et d'ailleurs, nous ne les avons jamais vu consulter le SIG dans l'objectif de se forger une opinion. Le lien entre le SIG institutionnel et les décideurs (élus) des collectivités de grande taille se limite bien souvent aux représentations spatiales finalisées qu'il a produit. Dans les pratiques de terrain, le véritable outil d'aide à la décision n'est pas le SIG mais la carte : généralement une carte de synthèse transmettant un message simple.

Les cartes de localisation des infrastructures, établissements, actions conduites par le Conseil régional, etc. sont à ce titre très efficaces : elles témoignent rapidement de la cohérence de la politique conduite à l'égard des déséquilibres territoriaux. Les cartes traitant de l'équité, de la complémentarité et/ou des inégalités géographiques sont les messages simples attendus par les élus en charge du développement et de la gestion de ce territoire. Les cartes de synthèses qui les intéressent sont donc produites de deux façons : à leur demande par les

⁸⁶ Cf. repère de classification des SIG de Roche (1997) dissociant les SIG techniques et les SIG aménagistes (figure 5).

services techniques de la collectivité, ou à l'occasion d'études sous-traitées visant généralement un état des lieux et un diagnostic territorial. Ce sont donc les services techniques et les directeurs de Pôles qui sont les commanditaires et donc les principaux interlocuteurs des bureaux d'étude ou des centres de recherche. Les chargés de mission sont le plus souvent les acteurs participatifs qui contribuent à la méthode et à la mise à disposition des données (issues ou non du SIG de la collectivité). Les directeurs des services (et/ou de Pôles) sont les personnes ressources pour valider la méthodologie et les résultats obtenus, notamment en prévision d'une présentation dans une commission restreinte d'élus (dénommée Commissions thématiques).

Au final, qu'il s'agisse d'études produites par les services ou par des prestataires externes, ce sont les directeurs qui sélectionnent les représentations spatiales pour la constitution de notes de synthèse à l'attention du bureau exécutif, de la commission thématique et/ ou de la commission plénière de la collectivité.

En 2009, le Conseil régional a mis en place une nouvelle unité fonctionnelle : la *Délégation aux Etudes et Prospectives* (DPE) transversale à l'ensemble des services. Combinant des compétences statistiques et géomatiques, cette cellule assure la validité des données fournies par les partenaires extérieurs, leurs mises à disposition pour les services concernés et généralement leurs exploitations analytiques sous différentes formes : (géo)statistiques, statistiques spatiales, modélisation, etc. Ces compétences supplémentaires visent bien évidemment un renforcement technique de la collectivité pour concevoir et réaliser en interne ses outils d'aide à la décision (interactif comme documentaire), mais à minima la DPE porte désormais un avis critique sur tous les outils d'aide à la décision proposés par les prestataires.

Pour conclure,

Le SIG du CR-Limousin dispose ainsi d'une technologie avancée de gestion et de communication de l'information géographique, pour un système opérant (moyens de productions internes) accaparé par les réalisations sur le terrain. Bien qu'une Infrastructure de Données Spatiales opérationnelle soit en place, le recours au SIG par les chargés de

mission reste modeste. Les analyses spatiales et les modélisations géographiques utiles à la conception d'outils d'aide à la décision sont généralement réalisées par des prestataires extérieurs, à l'occasion de diagnostics territoriaux commandités par les instances décisionnelles du Conseil régional. Les informations géographiques produites ont d'ailleurs été le plus souvent prioritairement transmises dans un format papier (cartes, atlas, etc.), avec dans la plupart des cas une version numérique uniquement en format pdf.

Les représentations spatiales transmises à la sphère décisionnelle, soigneusement sélectionnées, semblent donc être le plus souvent des réalisations de prestataires externes. Les outils d'aide à la décision développés en interne (comme par exemple le Schéma Directeur Eolien interactif) ont jusqu'alors consisté à optimiser le service rendu directement aux résidents et aux usagers du territoire en facilitant la communication et l'appropriation d'un nouveau document réglementaire (un bénéfice partagé entre les services techniques concernés (Environnement, Infrastructures, etc.) et les usagers).

Nous nous sommes intéressés à la contribution des représentations spatiales dans le processus d'aide à la décision à l'attention des élus-décideurs. Pour cela, Les deux contrats de recherche présentés dans ce chapitre s'appuient sur une méthodologie permettant de dresser un état des lieux et un diagnostic territorial sur deux problématiques définies par le directeur du Pôle *Aménagement du Territoire*. Ces deux actions-recherche que nous exposons dans les parties suivantes concernent les phénomènes migratoires en Limousin. Le premier travail, dirigé par Frédéric Richard (Maître de Conférence à l'Université de Limoges et chercheur à GEOLAB), visait à construire un socle de connaissances sur les migrations résidentielles, domaine où la région est fortement impliquée mais ne disposait jusqu'alors que d'informations ponctuelles produites par l'Insee. Le second, dirigé par Edwige Garnier (également Maître de Conférence à l'Université de Limoges et chercheur à GEOLAB), concerne les migrations pendulaires en TER. Les présentations qui suivent permettent d'apprécier la contribution de la géomatique dans les diagnostics territoriaux, et sont surtout représentatifs des modes de productions des représentations spatiales transmises aux décideurs.

II. Etude de cas : géodynamiques des migrations résidentielles vers le Limousin

Le Limousin est la deuxième région française la moins peuplée (après la Corse). Ce territoire régional dénombrait 740 743 habitants en 2008 (selon l'Insee) sur une superficie d'environ 17 000 km². En 1999 comme en 2007, elle est la seule région française qui connaît un solde naturel annuel déficitaire. Malgré un taux de fécondité faible et une part des personnes de plus de 60 ans significativement élevée (2^{ème} rang parmi les régions européennes les plus âgées), le Limousin témoigne d'une reprise démographique en grande partie liée à un solde migratoire positif depuis le début des années 2000. *L'espace rural limousin cesse de perdre des habitants* fut le titre retenu par l'Insee pour le n°51 de sa publication *Focal*⁸⁷ en janvier 2009. L'actualité démographique du territoire régional concerne alors l'arrivée d'environ 5000 nouveaux habitants chaque année.

Si pendant longtemps ce flux entrant était largement masqué par les autres indicateurs (les flux sortants, le faible taux de natalité, etc.), il témoigne peut être aujourd'hui des effets de la politique d'accueil des populations mise en place au début des années 1980 par le Conseil régional. La conditionnalité de ce postulat résulte d'abord de l'absence d'études initiées localement sur ces flux migratoires. Outre les publications de l'Insee construites à partir d'indicateurs nationaux, le Conseil régional a souhaité disposer d'un document de connaissances des flux interrégionaux permettant de dresser un premier état des lieux. Dès la première réunion, les flux interrégionaux entrants en Limousin constituèrent le corpus principal pour répondre à deux questions simples : qui s'installe en Limousin ? Et où s'installent-ils ?

Cette étude donna lieu à la rédaction d'un document exhaustif (Richard et al, 2009⁸⁸). Dans ce doctorat, nous présentons la démarche géomatique mise en œuvre pour l'étude, dont l'objectif principal fut la production de représentations spatiales qui traduisaient les réflexions des géographes et facilitaient la concertation avec les gestionnaires du territoire.

⁸⁷ Edito mensuel de 6 pages rédigées par les cellules régionales de l'Insee.

⁸⁸ Etude de référence pour la présente description du contexte territorial et de la démarche scientifique

A. Contexte et objectifs

Durant la décennie 2000, le Limousin affirme ainsi son bilan de région qualifiée d'attractive jusqu'alors masqué par les autres phénomènes démographiques. Si l'arrivée de ces néo-limousins constitue certainement un atout pour le développement territorial, elle peut également accentuer (voir générer) des déséquilibres infrarégionaux importants par le choix des lieux d'installations (surreprésentations de certaines classes d'âges, part des actifs, etc.). La connaissance de ces flux est donc indispensable pour engager des politiques publiques permettant d'influencer ces flux (tant du point de vue quantitatif que spatial) dans l'objectif d'assurer une cohésion sociodémographique du territoire régional.

1. Les néo-arrivants, un flux de population stratégique pour le développement du territoire régional

Plusieurs processus migratoires peuvent expliquer cette évolution concluant aujourd'hui au regain démographique du Limousin. Sur le plan international par exemple, les flux des Nord Européens qui s'installent durablement dans les pays plus méridionaux sont clairement identifiés dans *le système migratoire européen* (G. Simon, 1995 ; J. Barou et Prado, 1995). A l'échelle locale, le territoire Limousin bénéficie de nombreuses aménités environnementales qui correspondent aux aspirations d'une part croissante des populations à résider dans un cadre de vie doté de fortes valeurs patrimoniales, sociales et environnementales (G. Simon, 1995). A ce titre, le caractère régional d'une ruralité affirmée, dont bénéficie le Limousin, favorise une image de cohésion et de solidarités sociales dans un cadre de paysages naturels à fortes valeurs patrimoniales. Le Limousin s'apparente à cet environnement résidentiel que recherchent les néo-arrivants, grâce notamment à l'amélioration des infrastructures de transports concernant les déplacements « domicile-travail » connectant les pôles d'emplois avec les espaces résidentiels situés à plusieurs dizaines de kilomètres (sujet traité dans la partie suivante).

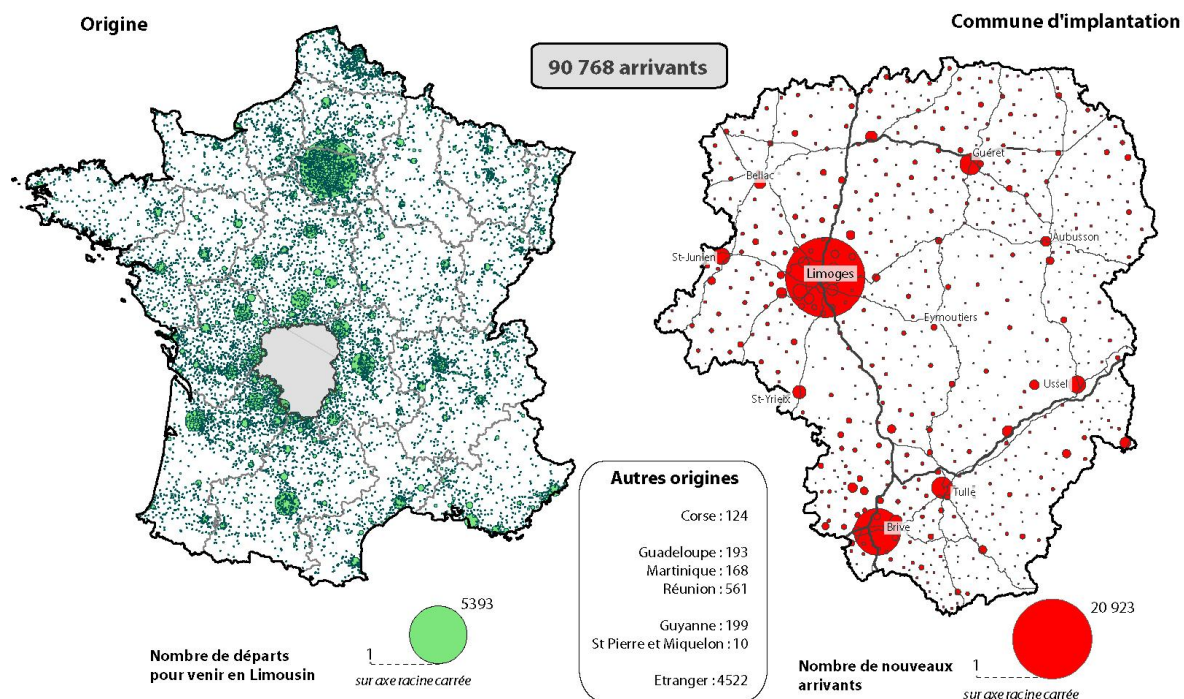
De nombreux autres exemples pourraient argumenter le caractère attractif de la région, mais la question posée ici ne porte pas tant sur la raison qui conduit de nouveaux résidents à s'installer en Limousin, mais plutôt sur leur poids démographique, leurs profils socioéconomiques et surtout leurs préférences en terme de lieux d'installation.

F. Richard (2009) souligne l'importance de ces flux migratoires pour le développement régional en insistant sur l'évolution des dépenses locales en relation avec l'arrivée des néo-limousins : leurs profils sociodémographiques comme la nature de leurs motivations contribuent au développement de l'économie résidentielle ou présenteielle (Davezies L. 2008). « *L'économie résidentielle, correspond à une économie liée à la présence sur un territoire de personnes disposant de revenus qui ont pu être générés hors de ce dernier. Ces personnes sont principalement les résidents migrants pendulaires qui travaillent sur un autre territoire, les personnes retraitées et, pour certains auteurs, les touristes. On inclut aussi généralement dans ces revenus ceux qui proviennent de transferts sociaux (allocations familiales, chômage, prestations sociales diverses) et ceux qui proviennent de financements publics (administrations, éducation, affaires sociales). Concernant plus spécifiquement les actifs, ils occupent les emplois induits par la consommation locale, ou sont impliqués dans les secteurs productifs régionaux qui exportent (des biens et/ou des services) à destination des autres régions françaises ou de l'étranger.* » (Richard et al, 2009).

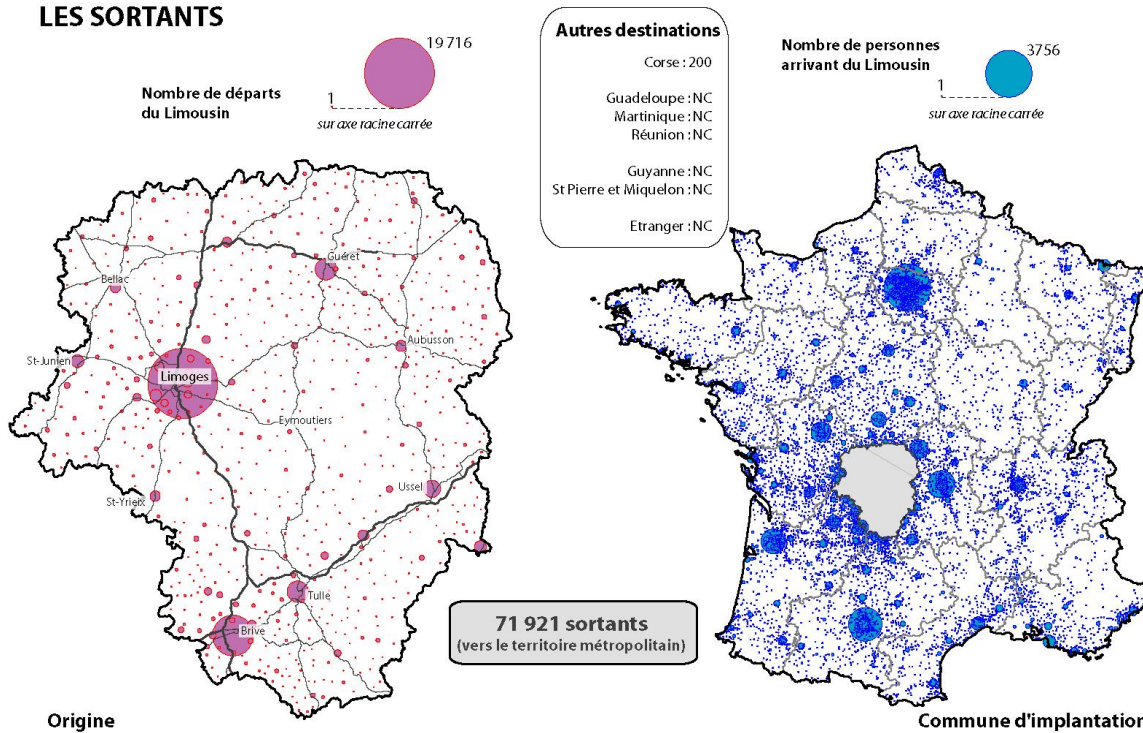
Ces flux migratoires constituent ainsi un enjeu fondamental pour le développement de la région. Les indicateurs de la figure 30 sont explicites : sur les 710 792 habitants que dénombrait le Limousin en 1999, 90 768 arrivaient d'un autre territoire (soit 12,8%). Avant que le recensement soit réalisé, 76 482 habitants en étaient partis (soit 10,7% de la population présente en 1990). Les flux interrégionaux présentaient alors un bilan positif de 14 286 habitants supplémentaires sur la décennie 1990-1999 (source : *Mobres*, Insee).

Les aires d'origines (carte en haut à gauche de la figure 30) sont dominées par les départements limitrophes du Limousin et la région d'Ile de France. Pour cette dernière, elle présente un bilan migratoire de + 13 210 personnes, soit le double de toutes les autres régions pour lesquelles le Limousin présente un bilan migratoire positif. Dans les départements limitrophes, les villes comme Clermont-Ferrand, Montluçon, Châteauroux, Poitiers, Angoulême et Périgueux constituent le principal bassin d'attractivité, complété par deux grandes villes du sud (Bordeaux et Toulouse). Enfin, une part non négligeable des flux entrants correspond aux mobilités résidentielles à proximité immédiate de la limite administrative régionale : 11,4% des néo-limousins de 1999 résidaient à moins de 30 km de la limite administrative régionale en 1990.

LES ARRIVANTS



LES SORTANTS



Source: Centre Maurice Halbwachs - Mobilités résidentielles (Mobres04, INSEE)

Conception et réalisation: GEOLAB CNRS UMR 6042, Fév. 2009

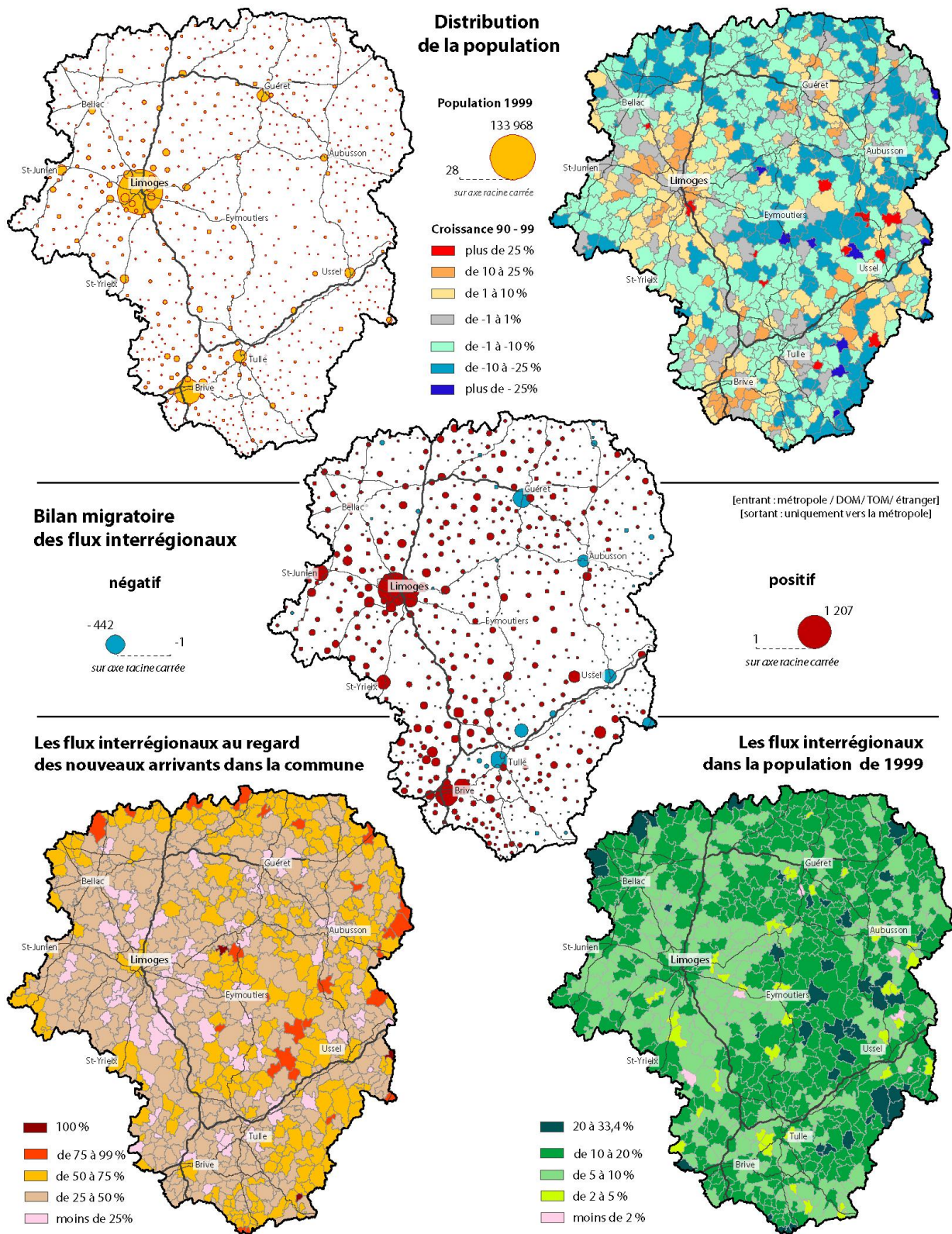
Figure 30 : Migrations résidentielles interrégionales avec le Limousin (1990- 1999)

Les aires de destination des sortants (carte en bas à droite de la figure 30) présentent au premier regard une géographie similaire. Toutefois, la représentation des effectifs pour chaque commune montre que la densité des points est plus importante au nord du Limousin pour les aires d'origines (carte en haut à gauche), alors que cette densité se déplace dans la France méridionale pour les aires de destinations (carte en bas à droite). Le Limousin s'inscrit ainsi comme une région « centrale », tant sur le plan de sa position géographique qu'à l'égard des migrations nord/sud en Europe, et plus particulièrement ici à l'échelle de la France métropolitaine : des échanges positifs avec la plupart des régions de la moitié nord, et des échanges négatifs avec les régions plus méridionales⁸⁹. Enfin, les quatre cartes de la figure 30 témoignent de l'importance des migrants urbains, tant pour les entrants que pour les sortants. Une représentation en abaque doit être relativisée car à l'échelle communale, 23 % s'installent à Limoges et 9% à Brive pour la partie ouest de la région, tandis qu'à l'est, Guéret, Tulle et Ussel cumulent à peine plus de 6%. La carte des arrivants semble tout de même présenter des effectifs plus importants pour les communes situées jusqu'en très large périphérie (plus de 20 km) des deux principaux pôles urbains de la partie ouest de la région.

2. Atouts et/ou contraintes pour la cohésion du territoire

Dans ce constat d'un bilan migratoire interrégional résolument positif, les questionnements sur le poids relatif de ces flux à l'égard des équilibres ou déséquilibres géographiques deviennent fondamentaux pour les gestionnaires de ce territoire. Le Limousin est déjà très contrasté sur le plan démographique et l'étude de l'évolution de certains indicateurs socioéconomiques peut permettre d'anticiper des situations difficiles à gérer : par exemple, la part de personnes âgées (plus de 75 ans) peut devenir très importante dans les espaces de faibles densités (communes de moins de 150 habitants). La figure 31 témoigne de l'importance des flux interrégionaux dans l'évolution du territoire régional : les deux cartes situées en haut rappellent le déséquilibre démographique est/ouest structurel de la région, celle située au centre concerne le bilan migratoire des flux interrégionaux, et enfin, les deux cartes situées en bas insistent sur le poids démographique des néo-arrivants à l'échelle communale.

⁸⁹ Tableau explicite dans le rapport (Richard et al, 2009)



Source : Centre Maurice Halbwachs - Mobilités résidentielles (Mobres01) RGP99 INSEE

Conception et réalisation : GEOLAB CNRS UMR 6042, Fev. 2009

Figure 31 : Démographie et migrants interrégionaux du Limousin (1990-1999)

La contribution des flux entrants sur le déséquilibre démographique est/ouest est certaine (figure 31). Sur la carte du milieu, le bilan migratoire interrégional des villes de la moitié est de la région (Guéret, Aubusson, Ussel, Tulle, Egletons, etc.) est négatif, ce qui n'est pas le cas des villes de la partie ouest (notamment Limoges et Brive situées sur le tracé nord/sud de l'autoroute A20)⁹⁰. Ce déséquilibre géo-démographique ancré en Limousin s'accroît (cf. carte de la croissance 90-99 en haut à droite) tant par une hausse dans les espaces urbains et leurs premières périphéries, que par une baisse dans les espaces ruraux les plus éloignés (Plateau de Millevaches, Vallée de la Creuse, de la Dordogne, Basse Marche, etc.). Une très large majorité de néo-arrivants aux aspirations résidentielles urbaines participe ainsi à ce déséquilibre géo-quantitatif. Leurs profils sociodémographiques constituent de véritables clés de lecture pour appréhender leurs impacts dans le territoire régional : sont-ils majoritairement âgés, étudiants, actifs ?

Ce flux important vers le milieu urbain ne doit toutefois pas masquer la part non négligeable de ceux qui s'installent dans les communes rurales : les deux cartes situées en bas de la figure 31 permettent de prendre conscience de la part importante des migrants interrégionaux sur l'ensemble des néo-arrivants à l'échelle communale (à gauche), et/ou sur la population résidentielle totale (à droite). Dans les territoires les plus faiblement peuplés cités plus haut, les flux entrants peuvent être qualifiés de vitaux : les migrants interrégionaux entrants représentent en général de 40 à 60 % des néo-arrivants (plus de 75 % dans les espaces les plus éloignés des principales concentrations urbaines régionales). Dans ces communes particulièrement rurales, ils représentent par conséquent jusque 20 % de la population communale (au-delà de 30% dans les cas les plus extrêmes).

En décembre 2007, l'Insee a dressé le scénario central des projections de population⁹¹ : le Limousin bénéficierait d'une hausse démographique durant les 25 prochaines années. Cette évolution, qui continuera d'accroître le déséquilibre est/ouest, connaîtrait toutefois un net ralentissement à partir de 2015.

⁹⁰ Au sud de la région, l'autoroute A89 permettant un développement de l'axe est-ouest ne sera effective qu'aux débuts des années 2000.

⁹¹ *Les dossiers INSEE Limousin*, n°10, 2007.

Etablir une méthodologie permettant d'identifier la nature des flux interrégionaux entrants (profils démographiques, socioprofessionnels, etc.) et de les quantifier, nous oriente donc vers l'élaboration d'un document synthétique constituant la première étape du diagnostic : l'état des lieux. Ce socle de connaissances servira ensuite l'aide aux décisions visant à ajuster, à améliorer, voire à réorienter la politique d'accueil contemporaine conduite par le Conseil régional.

B. Méthodologie et cartographie

La production de représentations spatiales utiles à l'étude devait donc répondre à deux besoins. Tout d'abord, celui d'un géo-diaporama⁹² exhaustif permettant de présenter, sous forme de cartes, les flux entrants par tranches d'âges, niveau ou type d'activité, par catégories socioprofessionnelles, etc. Le leitmotiv : *d'où viennent-ils et où s'installent-ils ?*

Dans un second temps, dans un souci de communiquer des documents synthétiques aux élus et responsables de Pôles techniques, nous avons réalisé une typologie des territoires limousins par une classification des communes en fonction de leur profil migratoire.

1. Une source d'information adaptée : MOBRES-Insee

Une fois la problématique posée, les sources d'informations permettant d'investir la thématique ont été mises à disposition de l'UMR CNRS 6042 GEOLAB par le centre Maurice Halbwachs. Cet autre centre de recherche (UMR CNRS 8097) spécialisé dans le traitement de l'information sur l'éducation, l'emploi, les inégalités et les ruptures sociales, les réseaux sociaux et professionnels (etc.), met à disposition des autres organismes de recherche les grandes enquêtes nationales (dont celles réalisées par l'Insee). Après la signature d'une convention⁹³ entre les deux laboratoires, le centre nous a communiqué les fichiers dits MOBRES (Mobilités Résidentielles) produits par l'Insee. Cette source est structurée de sorte à

⁹² Expression utilisée pour décrire les documents produits au cours d'action-recherche situés entre un atlas commenté et une dissertation illustrée.

⁹³ Les termes de cette convention renvoient, après étude des objectifs scientifiques que nous avons présentés, à ne pas dupliquer la source et à en avoir un usage exclusivement dans le cadre de l'activité scientifique du laboratoire.

quantifier les mouvements des populations résidentielles de commune à commune. Le changement n'est constaté qu'en fonction du lieu de résidence de l'année 1990 et celui de l'année 1999 : cette source simplifie donc les parcours complexes (deux déménagements en moins de 10 ans par exemple) mais reste optimale pour une analyse diachronique entre deux recensements référentiels. Ces fichiers regroupent plus de 80 indicateurs démographiques et socioéconomiques qui nous ont permis de traiter, systématiquement en fonction des origines-destinations, six entrées thématiques principales : le sex-ratio, l'âge, la nationalité, les inactifs de plus de 15 ans, les actifs, et les différentes catégories socioprofessionnelles.

Ces fichiers MOBRES ont constitué la principale source d'information pour cette étude⁹⁴. Pour la période intercensitaire suivante, les méthodes de recensements ont changé pour prendre la forme d'enquêtes annuelles couvrant partiellement le territoire français (20% des communes de plus de 10 000 habitants et 20 % des communes rurales d'un département par an).

En 2010, dans une approche plus approfondie que le travail présenté ici, F. Richard et J. Dellier ont pu reconstituer une source identique aux fichiers MOBRES à partir des enquêtes annuelles agrégées (et mises à disposition à l'été 2009) pour la période 1999-2006. En effet, en cinq ans, l'ensemble des communes du territoire régional a été recensé au moins une fois, rendant alors possible une nouvelle analyse diachronique. Pour le travail présenté ici, la période traitée correspond à la décennie 1990-1999 (dans l'attente des données pour la période suivante) afin d'éprouver la méthode de l'analyse diachronique, gardant à l'esprit qu'elle devait être transposable.

2. Mise en œuvre d'un géo-diaporama

Plusieurs types de représentations spatiales ont servi à ce que nous dénommons ici un *géo-diaporama*. Cette appellation permet d'insister sur le rôle majeur attribué à la dimension spatiale dans le diagnostic territorial à mettre en place.

⁹⁴ Dans l'argumentaire développé par F. Richard, nous avons eu également recours à d'autres sources comme les fichiers MIG de l'Insee, données relatives aux taux de chômage, etc.

Les premières cartes établies (pour engager les discussions avec les commanditaires) concernaient les parcours, à l'échelle interrégionale comme de proximité, en utilisant les techniques adaptées aux représentations « origines-destinations » (figure 32).

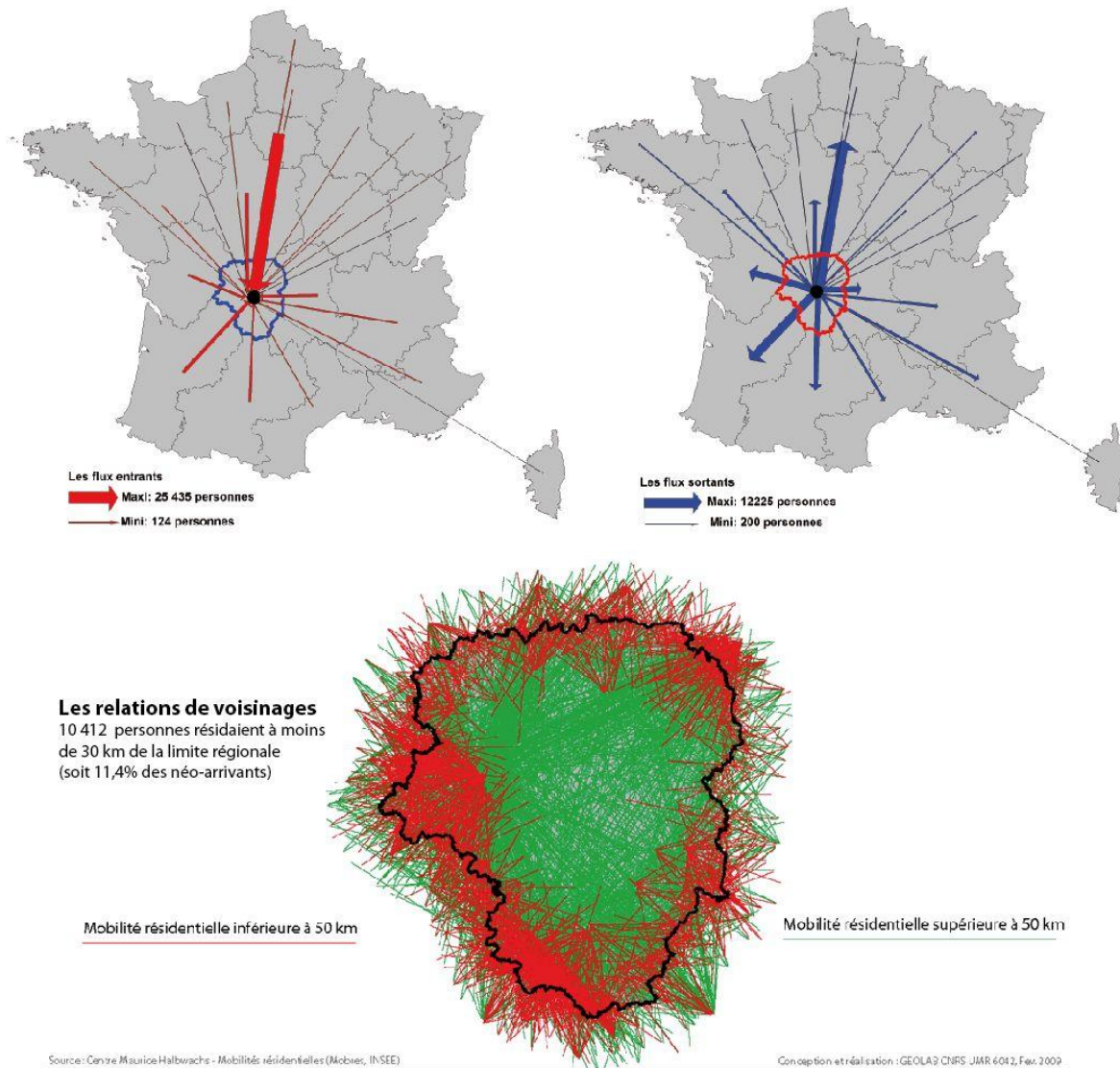


Figure 32 : exemples de cartes "origine-destination"

Cependant, les premières réunions de travail entre les chercheurs de GEOLAB et la responsable du service *Accueil des populations* du Conseil régional, ont rapidement orienté les productions cartographiques vers l'exploitation systématique de six indicateurs géographiques (permettant donc la réalisation de 6 cartes présentées dans une double page illustrée par les figures 33a et 33b) pour chacune des catégories de population étudiées.

La présentation qui suit vise à donner au lecteur la logique de lecture des 6 cartes (se référer à la page 181 et 182 pour les représentations spatiales).

Les deux premières cartes sont réalisées grâce à la technique de l'abaque afin de mettre en valeur les volumes des flux pour chaque commune. Pour rappel, l'abaque est une représentation sous la forme d'un symbole proportionnel que nous avons mis sur un axe « racine carrée » afin d'atténuer les écarts entre les valeurs des espaces urbains et ruraux.

- La première carte (*Origine métropolitaine*) est une représentation du territoire métropolitain permettant d'apprécier, à l'échelle communale, les lieux de départ des néo-arrivants.
- La seconde carte (*Communes d'implantations*) représente les lieux d'installations dans le territoire régional toujours à l'échelle communale.

Les deux cartes suivantes consistent à relativiser ces valeurs absolues en les appréciant sous la forme de pourcentages. Ces deux représentations spatiales sont réalisées grâce à des aplats de couleurs, après une discrétisation par écart type.

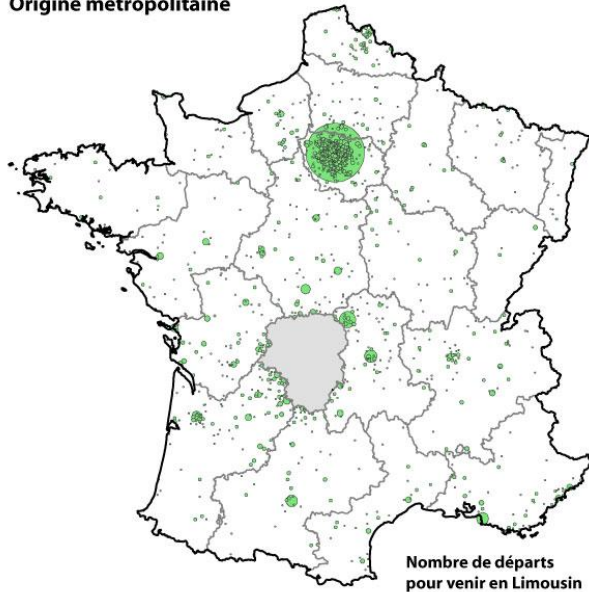
- La troisième carte (*Répartition communale*) témoigne de la distribution géographique du corpus étudié, en mesurant la part arrivant dans chaque commune.
- La quatrième carte (*Part sur l'ensemble des nouveaux arrivants dans la commune*) représente la part des entrants interrégionaux parmi l'ensemble des néo-arrivants dans chaque commune (les comparant donc aux migrants infrarégionaux).

Les deux dernières cartes, également sous la forme d'aplats de couleurs, relativisent enfin ces valeurs à l'égard du corpus global des néo-arrivants. Les indices utilisés sont calculés pour chaque commune en fonction du comportement moyen régional : s'il est inférieur à 1, le corpus est sous représenté parmi les néo-arrivants de la commune, s'il est supérieur à 1, le corpus est alors surreprésenté.

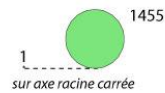
- La cinquième carte (*Quotient de localisation*) témoigne de la surreprésentation ($QL > 1$) du corpus étudié parmi les migrants interrégionaux arrivés dans la commune.
- La dernière carte (*Quotient de délocalisation*) s'appuie sur le principe décrit précédemment mais en termes de surreprésentation dans les espaces de départ (ici à l'échelle départementale).

LES RETRAITES (parmi les individus de 15 ans et +)

Origine métropolitaine



Nombre de départs pour venir en Limousin

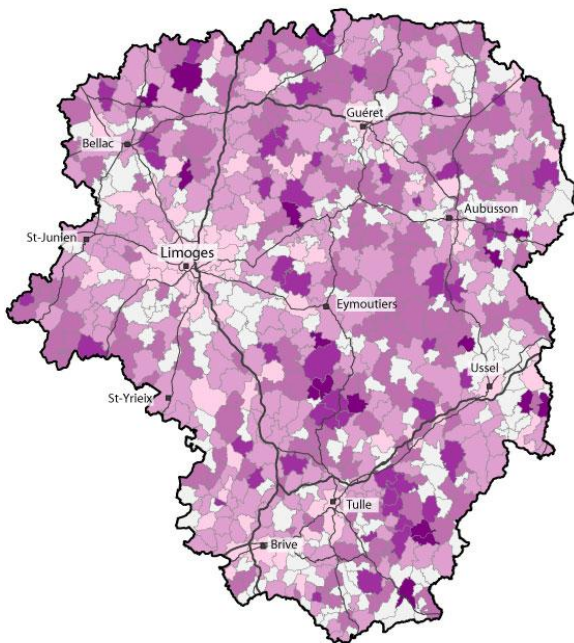


12 449 néo-arrivants
17,48 % des néo-arrivants

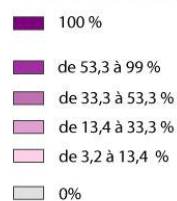
Autres origines

Corse : 8
Guadeloupe : 13
Martinique : 5
Réunion : 17
Guyane : 4
St Pierre et Miquelon : 0
Etranger : 126

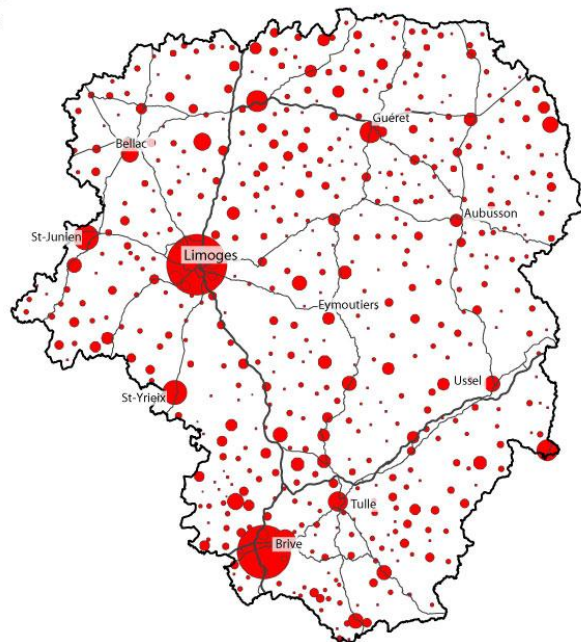
Part sur l'ensemble des nouveaux arrivants dans la commune



A l'échelle communale



Commune d'implantation

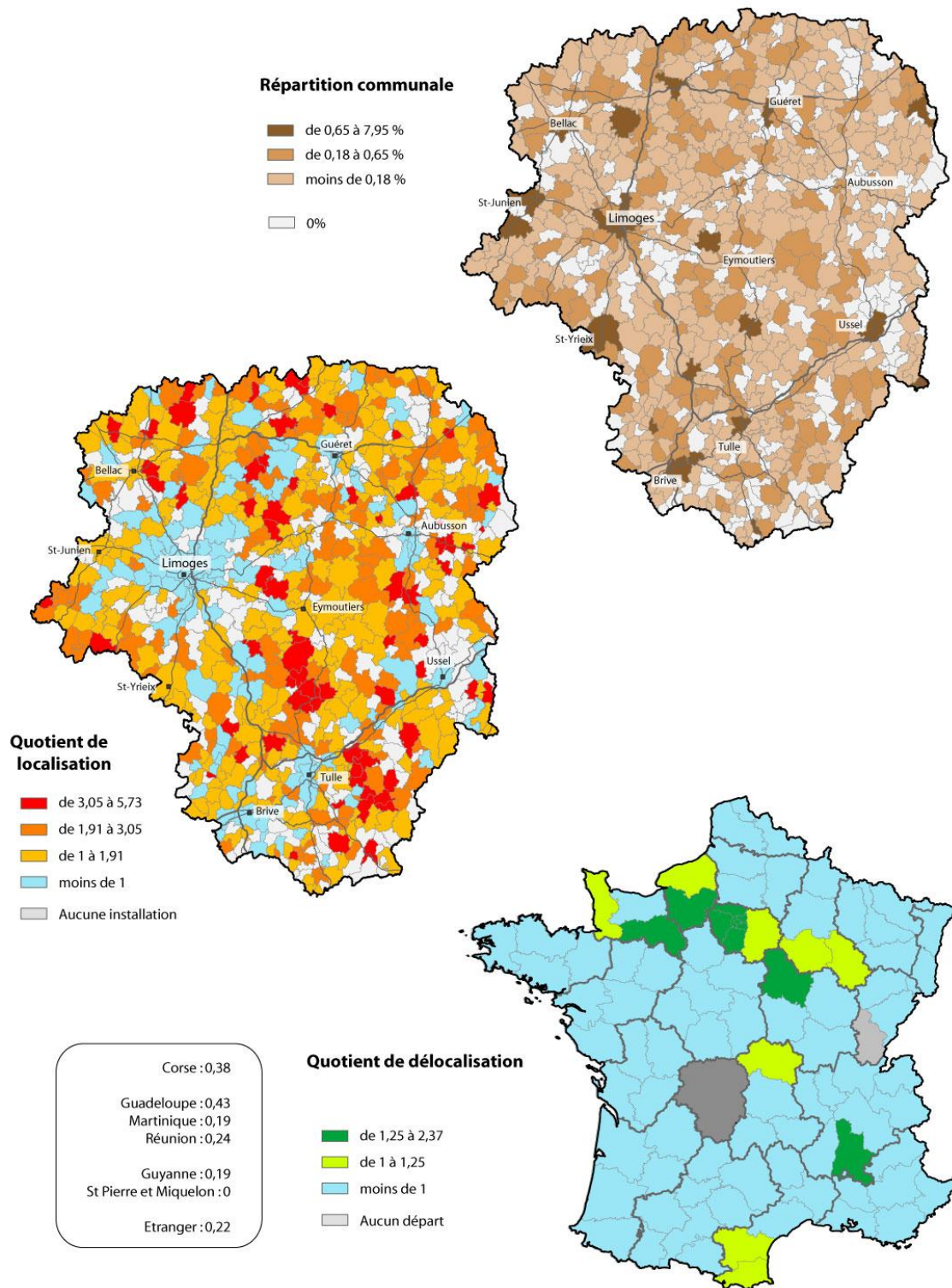


Nombre de nouveaux arrivants



Figure 33a : Les retraités qui s'installent en Limousin entre 1990 et 1999

LES RETRAITES (parmi les individus de 15 ans et +)



Source : Centre Maurice Halbwachs - Mobilités résidentielles (Mobres04, INSEE)

Conception et réalisation : GEOLAB CNRS UMR 6042, Fev. 2009

Figure 33b : Les retraités qui s'installent en Limousin entre 1990 et 1999

L'exemple de la double page précédente (figure 33a et 33b) illustre les flux entrants des retraités. Organisé autour de 6 représentations spatiales, ce document cartographique permet d'apprécier globalement le flux entrant de cette population spécifique : 12 449 arrivées entre 1990 et 1999 qui représentaient 17,8% des migrants entrants interrégionaux.

Sur la carte *Origine métropolitaine*, le poids de la région parisienne comme « vivier » est écrasant. Sur la carte *Commune d'implantation*, nous notons que si les villes principales concernent logiquement les plus gros effectifs (989 à Limoges soit seulement 8% de l'effectif total, et à peine moins à Brive), les espaces ruraux bénéficient plus largement, en valeur relative, de ces arrivées.

Sur la carte *Part sur l'ensemble des nouveaux arrivants dans la commune*, nous relevons que les retraités représentent une part plus importante dans la partie est de la région, et d'une façon générale, ils représentent un faible pourcentage dans les villes principales et leurs périphéries (Limoges, Brive, Guéret, Aubusson, etc.)

La carte du *Quotient de localisation* met également en évidence ce phénomène. Les agglomérations et villes secondaires ont toutes un QL inférieur à 1 : cela revient à dire que les retraités y sont sous représentés parmi le flux des entrants interrégionaux, alors qu'ils sont amplement surreprésentés (également parmi le flux des entrants interrégionaux) dans les espaces ruraux (en orange et rouge sur la carte).

Enfin, la carte du *Quotient de délocalisation* rappelle que le Limousin est une destination du sud pour les retraités : dix des douze départements témoignant d'une surreprésentation des retraités parmi leurs migrants sortants se situent au nord du Limousin.

Ce rapide commentaire témoigne de l'intérêt des différentes représentations spatiales pour un même corpus. Le traitement des données fut important car ces 6 représentations ont été produites pour les 25 corpus présentés dans le géo-diaporama transmis au Conseil régional.

3. L'approche multivariée pour les essais de synthèse

Si les représentations spatiales produites précédemment ont permis une approche exhaustive, elles n'offrent cependant qu'une analyse descriptive des espaces impactés à partir d'une seule variable : la même qui permet de constituer ce corpus spécifique (*les chômeurs, ou les étudiants, ou ceux qui viennent de PACA, etc.*).

Une approche multivariée permettait de passer de ces analyses guidées par une logique strictement descriptive des populations arrivantes à une typologie des territoires au regard de leurs profils migratoires. Nous avons eu recours à la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), avec la méthode d'agrégation de *Ward par inertie* pour établir une typologie des communes selon leurs profils migratoires : cette méthode de classification permet de prendre en compte les dissimilarités entre chaque commune pour calculer les regroupements les plus homogènes selon un arbre hiérarchique.

Les variables choisies pour la CAH ont été sélectionnées après élimination des valeurs trop fortement corrélées entre elles (matrice de *Pearson*), puis discutées avec les responsables du Pôle technique du Conseil régional. Deux typologies ont été retenues par le groupe de travail : une première sur les catégories socioprofessionnelles, et une seconde plus générale visant un portrait régional à partir de différents indicateurs à l'échelle communale. Dans ce doctorat, nous ne présenterons que la seconde (la première étant conduite avec la même méthode).

La figure 34 présente la statistique préliminaire (matrice de corrélation de *Pearson*) et celles résultantes de la classification (arbre hiérarchique, graphiques des quantiles). Ces 3 graphiques permettent d'étudier le comportement de chaque variable pour chacune des classes (représentées chacune par une couleur différente). Les deux premières variables (*Taux de croissance 90-99* et *Part des migrants*) définissent la propension migratoire, tandis que les 6 suivantes définissent les principales caractéristiques des profils migratoires dans ses aspects qualitatifs (*Part des étrangers parmi les néo-arrivants, Part des moins de 15 ans, Part des plus de 60 ans, Part des élèves-étudiants, Part des chômeurs* et *Part des actifs occupés...*).

TYPLOGIE COMMUNALE SUR LES DONNEES GENERALES

Matrice de corrélation (Pearson (n)) :

Variables	TX90_99	TXMIGRANT	TXETRANGER	TX_15ANS	TX_60ANS	TXETU	TX_CHOM	TXACTIF_OC
TX90_99	1	0,138	0,012	0,220	-0,197	0,072	-0,108	0,164
TXMIGRANT	0,138	1	0,114	0,090	0,111	-0,003	0,046	-0,267
TXETRANGER	0,012	0,114	1	-0,024	-0,023	-0,016	0,005	0,002
TX_15ANS	0,220	0,090	-0,024	1	-0,478	-0,114	-0,123	-0,041
TX_60ANS	-0,197	0,111	-0,023	-0,478	1	-0,256	-0,119	-0,501
TXETU	0,072	-0,003	-0,016	-0,114	-0,256	1	-0,066	-0,021
TX_CHOM	-0,108	0,046	0,005	-0,123	-0,119	-0,066	1	-0,289
TXACTIF_OC	0,164	-0,267	0,002	-0,041	-0,501	-0,021	-0,289	1

Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$

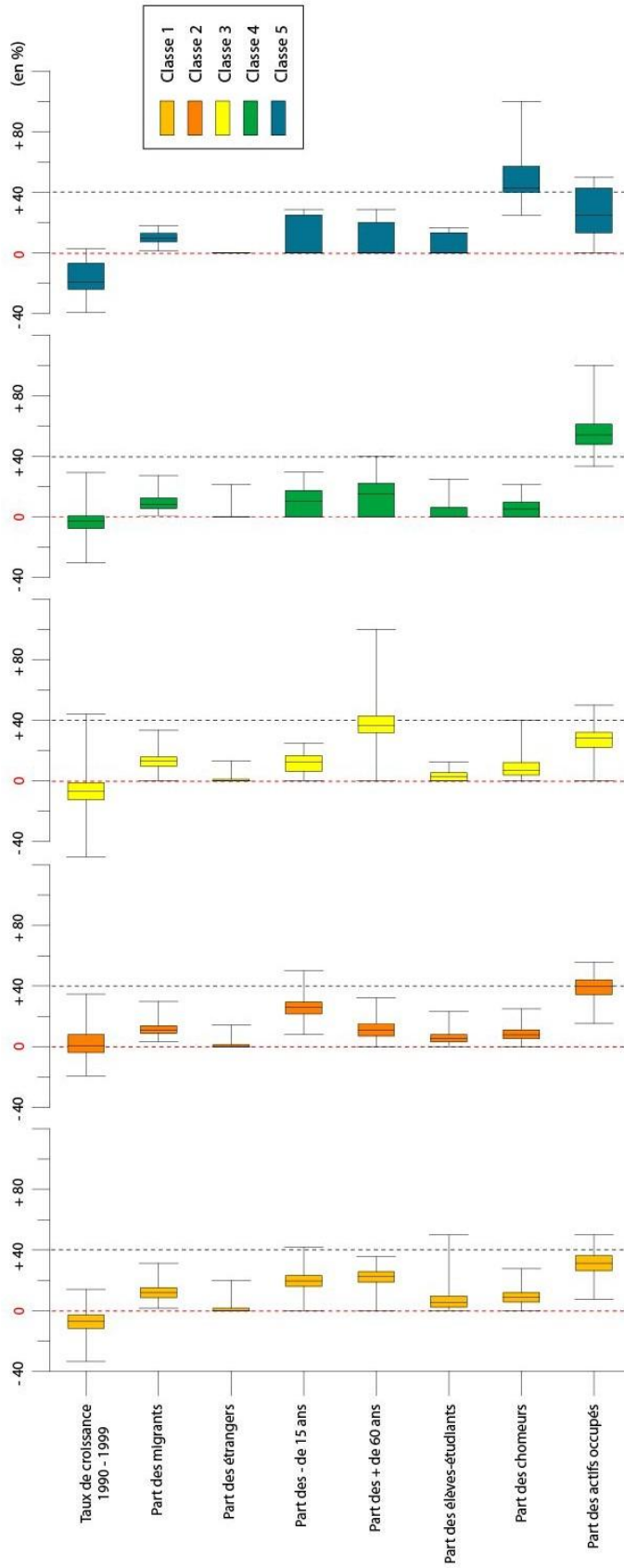
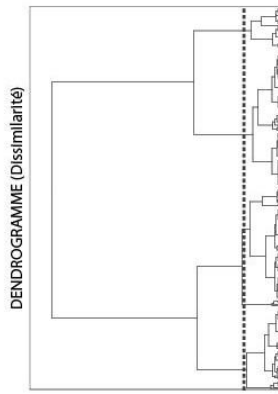


Figure 34 : Statistiques de la CAH servant à la typologie des territoires Limousin

Le graphique principal (distribution des quartiles) permet de caractériser les cinq classes obtenues par la CAH. Une lecture horizontale permet de détecter la variable qui singularise la classe (exemples : plus de 50% des communes de la classe 2 (en orange) ont un taux de croissance 1990-1999 positif, plus de 25 % des communes de la classe 3 (en jaune) ont un profil migratoire dont les plus de 60 ans représentent plus de 40% des effectifs, etc.). Une lecture verticale conduit à une observation de la distribution des variables pour chaque classe et permet ainsi de les caractériser.

Cette méthode de classification ne prend en compte aucun indice de statistiques spatiales (autocorrélation par exemple), et chaque commune est ainsi classée indépendamment de sa position géographique et du comportement de ces communes voisines. Au final, la carte réalisée au moyen d'une CAH peut alors prendre l'allure d'un patchwork désorganisé lorsque la typologie n'a pas d'expression (ou de logique) spatiale. Alors qu'à l'inverse, lorsque les communes de la même classe sont limitrophes, elle peut dévoiler des spécificités territoriales (phénomènes liés aux dynamiques résidentielles dans les espaces périurbains, au développement de l'activité le long d'un axe de communication important, etc.).

La carte résultante des statistiques de l'exemple de la figure 34 est présentée et commentée dans la partie suivante (page 197).

C. Un géo-diaporama à l'attention de gestionnaires du territoire

Dans ce travail de doctorat, seuls quelques aspects de l'étude générale commandée par le Conseil régional (Richard et *al*, 2009) sont présentés. L'objectif n'est pas de dresser ici un portrait exhaustif des flux migratoires étudiés (le lecteur peut se référer à l'étude originale pour cela) mais de mettre en évidence les apports des représentations spatiales à destination des gestionnaires d'un territoire régional (pour les décideurs comme pour les sphères techniques). Le principe de la double page illustrée (présentée dans la partie *Méthodologie*) a été privilégié pour la confection du document remis à la collectivité. Pour la présentation qui suit, les représentations spatiales illustrant la pertinence de la contribution du recours aux TIG sont d'abord celles s'appuyant sur les indicateurs de sur ou sous représentation (Quotient de (dé)localisation) des groupes sociaux étudiés. Les cartes précisant les valeurs absolues, plus classiques sont beaucoup moins sollicitées.

1. Du mini-atlas...

Le manuscrit rendu au Conseil régional comportait 32 documents graphiques, chacun associant plusieurs cartes et/ou graphiques. L'exhaustivité des représentations spatiales visait directement l'objectif d'une restitution utile, où les techniciens comme les décideurs pouvaient accéder à une information précise sur une population spécifique à l'échelle communale. L'information, parce qu'elle est géographique, est systématiquement présentée dans son contexte régional (exemples : effectifs des plus de 60 ans dans chaque commune, localisation des communes présentant une surreprésentation de chômeurs, etc.). A ce titre, le manuscrit pourrait être considéré comme un « atlas des flux migratoires résidentiels à destination du Limousin ». Le fil conducteur pour la présentation de ces 90 768 néo-limousins, a consisté à désagréger cette population en catégories et sous-catégories pour les quantifier, puis pour relativiser ces effectifs à l'égard du flux global comme du flux communal. Les exemples développés ici visent principalement à insister sur les principaux processus sociodémographiques contemporains identifiés au cours de l'étude.

Tout d'abord, il ne semble pas y avoir un déséquilibre homme-femme significatif : le sex-ratio est de 1,028 et reflète assez bien la majorité des profils migratoires de chaque commune. Un très faible nombre de communes (9) présente des déséquilibres importants, généralement concentrés sur les plus de 60 ans : cette corrélation est également significative avec la localisation communale des EHPAD et /ou des maisons de repos longue durée. Notre attention s'est ensuite portée sur les structures par âge : la figure 35 permet de comparer la pyramide des résidents limousins toujours présents en 1999 à celle des nouveaux arrivants (entre 1990 et 1999).

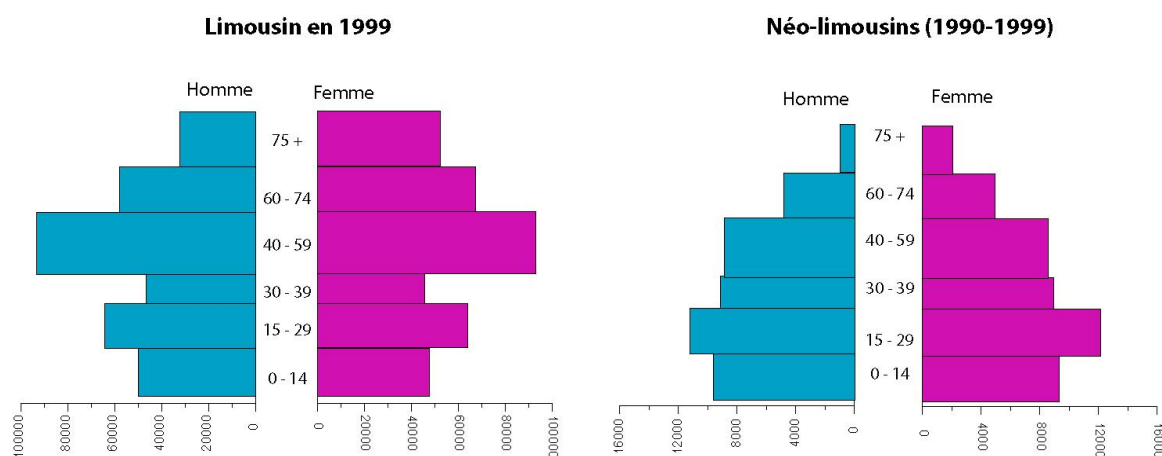


Figure 35 : Pyramides des âges des limousins et des néo-arrivants,

[Axe des effectifs divisé par 5 pour les néo-arrivants]

En juxtaposant ces deux pyramides des âges, il est incontestable que le flux entrant interrégional contribue à ralentir le vieillissement général de la population limousine : une pyramide à la base large (à droite) s'emboîte dans une structure démographique à la base étroite lui conférant une forme de balise informatique (« <> », à gauche).

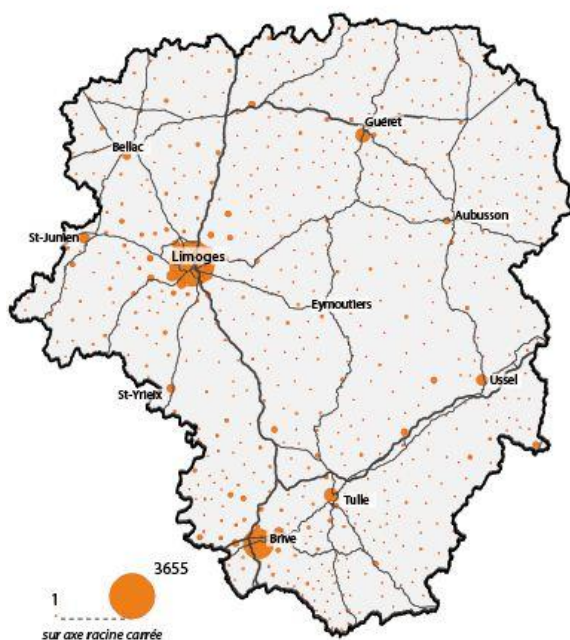
Ce rajeunissement relatif de la population régionale par les nouveaux arrivants au cours d'une décennie doit être appréhendé dans sa dimension spatiale. Nous avons travaillé à partir de six classes d'âge. Les trois profils migratoires que nous avons mis en évidence correspondent à des choix distincts d'espaces privilégiés : sur la figure 36, les représentations spatiales permettent de comprendre les différences de comportements (notamment l'attractivité des deux villes principales) de classes d'âge qui présentaient toutes des installations résidentielles sur l'ensemble des territoires infrarégionaux.

Le premier profil migratoire concerne 70% des néo-arrivants, soit la concaténation de 3 classes : les 25-39 ans, les 40-59 ans et les 0-14 ans. Ce groupe représente donc la part des classes d'âges majoritairement actives (d'un point de vue professionnel) et de leurs enfants dont les contraintes concernant la localisation des établissements scolaires sont encore limitées. Ces trois classes d'âge privilégient les villes (Limoges et Brive comptabilisent à elles seules 17 077 personnes, soit 18,8% des néo-arrivants en Limousin tous âges confondus). Ce profil migratoire est lisible sur la carte des 0-14 ans (similaire à celles des deux autres classes d'âges non représentées sur le document) : en plus des villes principales, ces néo-arrivants s'installent également dans les couronnes périurbaines, comme d'ailleurs dans des territoires plus éloignés mais desservis par un axe de communication important.

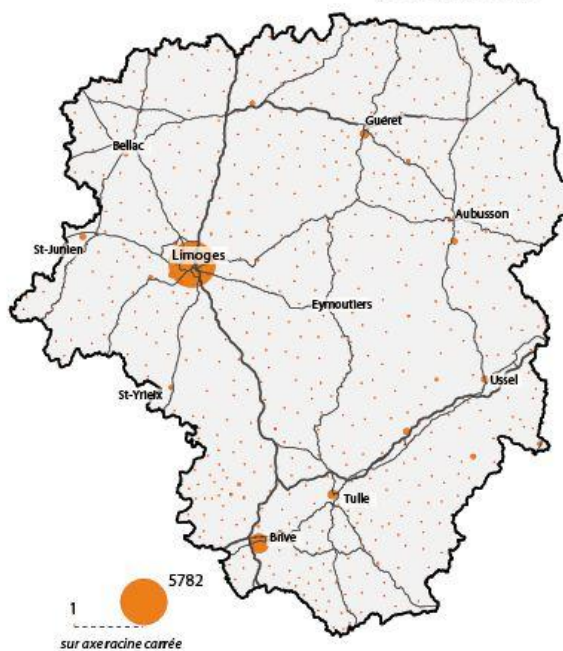
L'effet de concentration urbaine le plus notable concerne la classe d'âge des 15-24 ans (le second profil migratoire), par une nette différence concernant les couronnes périurbaines et les axes de communication : cette classe d'âge, lorsqu'elle privilégie la ville, s'installe préférentiellement *in situ*. Les élèves-étudiants (10 446 néo-arrivants) représentent 77 % des 15-24 ans, et par conséquent les villes dites universitaires occupent les premiers rangs : Limoges et Brive en concentrent ainsi 51,7%. Mais les autres villes disposant d'un site universitaire et/ou d'établissements d'enseignement supérieur tirent également leurs épingles du jeu et se distinguent sur la carte par un cercle légèrement plus important : La Souterraine, Guéret, Aun, Brive, Tulle, Egletons, Meymac, Neuvic.

EXTREMITES DES CLASSES D'AGE DES NOUVEAUX ARRIVANTS

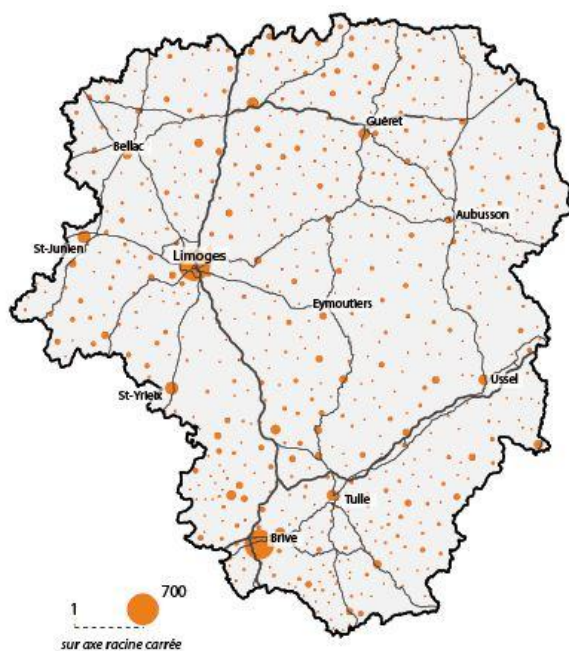
Les 0 - 14 ans
(18 950 personnes)



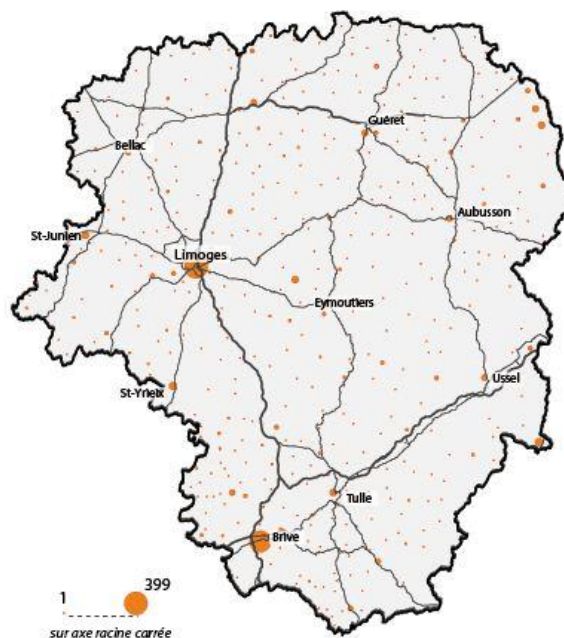
Les 15 - 24 ans
(13 666 personnes)



Les 60 - 74 ans
(9 756 personnes)



Les plus de 75 ans
(3 067 personnes)



Source : Centre Maurice Halbwachs - Mobilités résidentielles (Mobres04, INSEE)

Conception et réalisation : GEOLAB CNRS UMR 6042, Fév. 2009

Figure 36 : Lieux d'installation des néo-arrivants des classes d'âge inactives

Enfin, le troisième profil concerne les plus de 60 ans : cette population inactive (toujours du point de vue professionnel) est à l'opposé des choix préférentiels des 15-24 ans. Dans la partie *Méthodologie*, la figure 33b mettait déjà en évidence (à titre d'exemple) la surreprésentation des retraités dans les espaces ruraux, notamment sur le plateau central du Limousin (*Millevaches*).

Sur la figure 36, les deux cartes du bas vont dans le même sens : pour les 60-74 ans, Limoges et Brive ne concentrent plus que 13,3% tandis que sur l'ensemble du territoire régional, ces installations (même pour des effectifs modestes) conduisent à une surreprésentation parmi l'ensemble des néo-arrivants. Pour les plus de 75 ans, leur installation est beaucoup plus influencée par la localisation des EHPAD : à Budelière (en Creuse), ils représentent 30% des 140 néo-arrivants et ce fait est à mettre en relation avec la localisation d'un établissement (*Résidence Laulade*) ayant une capacité de 68 résidents.

Pour terminer sur les plus de 60 ans, sur la figure 33a prenant en exemple les retraités, la carte *Origine métropolitaine* rappelle que ces flux à destination des espaces ruraux sont majoritairement composés de personnes arrivant de l'Île de France, et plus particulièrement de Paris et ses premières couronnes.

Ainsi, d'un point de vue strictement démographique, le Limousin connaît des flux migratoires qui globalement tendent à rajeunir la population régionale. Les villes attirent tous les âges, et pour comprendre les différences des choix d'installation, il faut s'intéresser aux processus qui génèrent les surreprésentations : bien que les effectifs les plus importants concernent les villes, les plus de 60 ans sont surreprésentés dans les espaces ruraux par le fait que les autres classes d'âge s'y installent très peu. Dans le même esprit, la concentration des 15-24 ans dans les pôles urbains participe indirectement à la surreprésentation des 25-59 ans et des 0-14 ans dans les espaces périurbains. Les premiers traits de cette géographie, jusqu'alors raisonnée en fonction de l'âge, permettent de mesurer les enjeux de ces flux dans les territoires infrarégionaux, notamment en ce qui concerne l'économie résidentielle.

2. ...au « géo-diaporama-diagnostic »

Pour compléter l'approche descriptive du catalogue de données, l'*indice de localisation*⁹⁵ (et de *délocalisation*) visait plus particulièrement à mettre en évidence des ségrégations socio-spatiales dans la destination des nouveaux arrivants, en raisonnant en valeurs relatives. Tout d'abord, trois catégories ont été définies pour tenter d'appréhender ce processus en fonction de trois niveaux d'activité :

- Les actifs occupés représentent 38% des néo-limousins (soit 34 076 personnes) et arrivent de tous les départements français. Ils s'installent véritablement partout : seulement 9 communes réparties de façon aléatoire n'ont pas accueilli au moins un actif occupé.
- Les inactifs en âge de travailler (8 222 personnes soit 11,5 % des néo-limousins) ont été identifiés en soustrayant les élèves-étudiants et les retraités à la variable *Inactifs de 15 ans et plus* du fichier Mobres. Bien que difficile à déterminer avec précision, ils semblent être majoritairement des conjoints d'actifs. Il est intéressant de noter que 10 % d'entre eux viennent (ou reviennent) de l'étranger ou des DOM-TOM.
- Les actifs non occupés (les chômeurs) représentent 7 120 personnes soit près de 8% des néo-arrivants. Alors qu'en Limousin, le taux de chômage est de 10,8% pour la population active régionale, cette catégorie représente plus de 17% des néo-arrivants actifs.

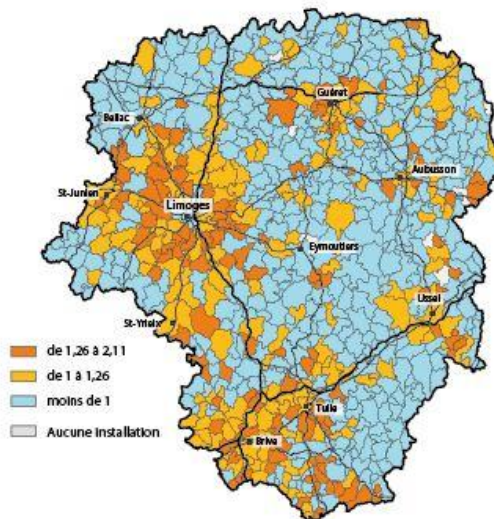
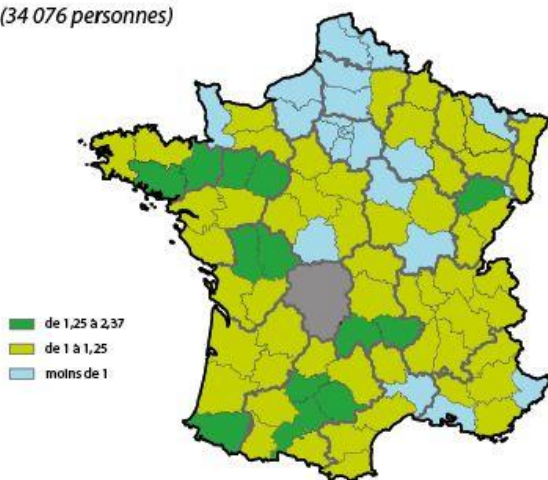
La figure 37 présente la valeur du quotient de localisation pour les départements d'origine et les communes d'installation de chacune de ces trois catégories. Les actifs occupés et les inactifs en âge de travailler dévoilent une géographie diamétralement opposée. Les premiers sont surreprésentés dans les principales villes et leurs périphéries : Limoges souligne l'extension de sa zone d'influence en termes d'emplois, Brive constitue un duo pertinent avec Tulle pour l'attractivité des actifs, et les plus petites villes de la partie est de la région (Ussel, Guéret, Aubusson, etc.) constituent des pôles d'emplois secondaires plus isolés.

⁹⁵ Cet indice déjà présenté dans la partie *Méthodologie*, est le ratio du taux communal sur le taux régional : ainsi s'il est supérieur à 1, la population concernée est surreprésentée dans la commune, et elle est sous représentée lorsque l'indice est inférieur à 1.

Les actifs occupés
(34 076 personnes)

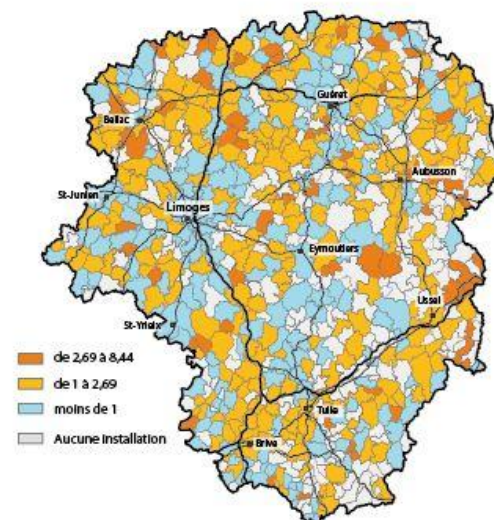
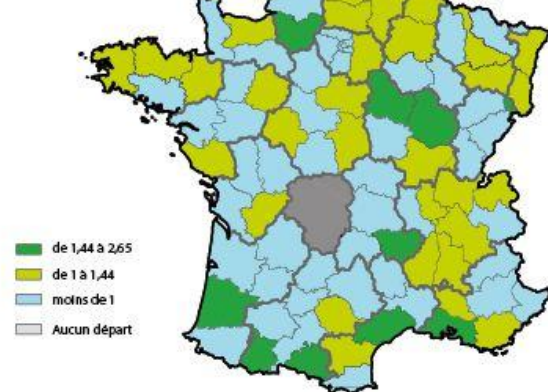
Quotient de délocalisation

Quotient de localisation



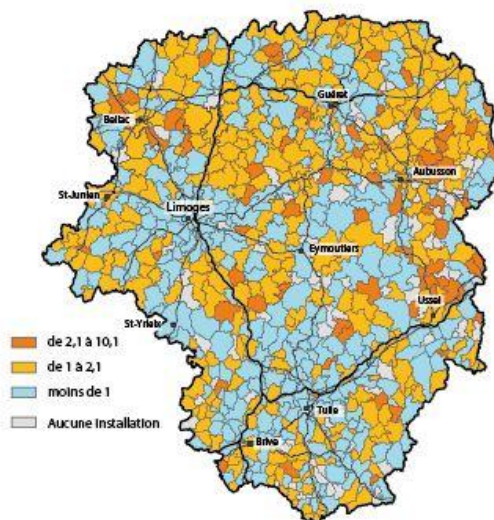
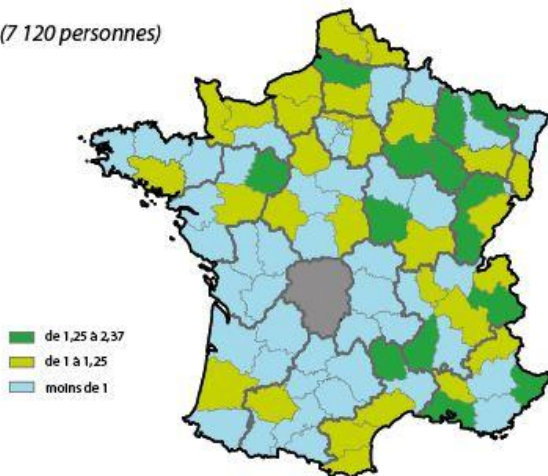
Les inactifs en âge de travailler
(8 222 personnes)

(8 222 personnes)



Les chômeurs
(7 120 personnes)

(7 120 personnes)



Source : Centre Maurice Halbwachs - Mobilités résidentielles (Mobres04, INSEE)

Conception et réalisation : GEOLAB CNRS UMR 6042, Fev. 2009

Figure 37 : Origines / Destinations selon le niveau d'activités des néo-arrivants (1990-1999)

Les *inactifs en âge de travailler* sont beaucoup moins représentés dans les pôles urbains, avec toutefois une nuance : ils sont mieux représentés dans les villes du sud (Brive, Tulle) et de l'est (Ussel, Aubusson) que dans celles de l'ouest (Limoges, Saint-Junien, Saint-Yrieix). Concernant les communes où ils sont surreprésentés, elles semblent être le « négatif » des sous représentations des actifs occupés. Cette géographie « opposée » se retrouve sur les départements d'origine : les *actifs occupés* sont majoritairement surreprésentés dans les départements de l'ouest et du sud-ouest, tandis que les *inactifs en âge de travailler* sont surreprésentés dans les départements du nord et sensiblement de l'est de la France.

Les surreprésentations géographiques des actifs non occupés constituent une interrogation pertinente pour les gestionnaires du territoire régional. En comparaison avec les deux corpus géographiquement opposés présentés précédemment, les *chômeurs* dévoilent une opposition géographique encore plus accentuée à l'égard des *actifs occupés*. Une forme de ségrégation socio-spatiale se dessine : les *chômeurs* constituent en effet une catégorie surreprésentée dans les communes éloignées des pôles urbains de la partie ouest de la région (Limoges, Brive, Tulle), tandis qu'ils sont surreprésentés dans les petites villes en périphérie de ce pôle régional dynamique : Bellac, La souterraine, Guéret, Aubusson, Ussel), et de ce fait, ils participent au déséquilibre structurel est/ouest de la région. Concernant cette géographie opposée entre les actifs occupés et les non occupés, la surreprésentation en fonction des départements d'origine est encore plus explicite.

Au final, dans un schéma globalisant, les *actifs occupés* sont majoritairement surreprésentés dans les flux venant de l'ouest et du sud de la France et s'installent dans les deux pôles urbains de l'ouest de la région, tandis que les *actifs non occupés*, surreprésentés dans les flux venant du nord et de l'ouest de la France, sont surreprésentés dans les villes situées en périphérie de ces deux pôles économiques régionaux.

Ces parcours diamétralement opposés ont également été mis en évidence dans le flux des 41 196 actifs occupés arrivés entre 1990 et 1999. Le raisonnement est conduit selon une logique de niveau de qualification étalonnée sur six catégories socioprofessionnelles habituellement utilisées par l'Insee dans ses enquêtes nationales (figure 38).

LES CATEGORIES SOCIOPROFESSIONNELLES

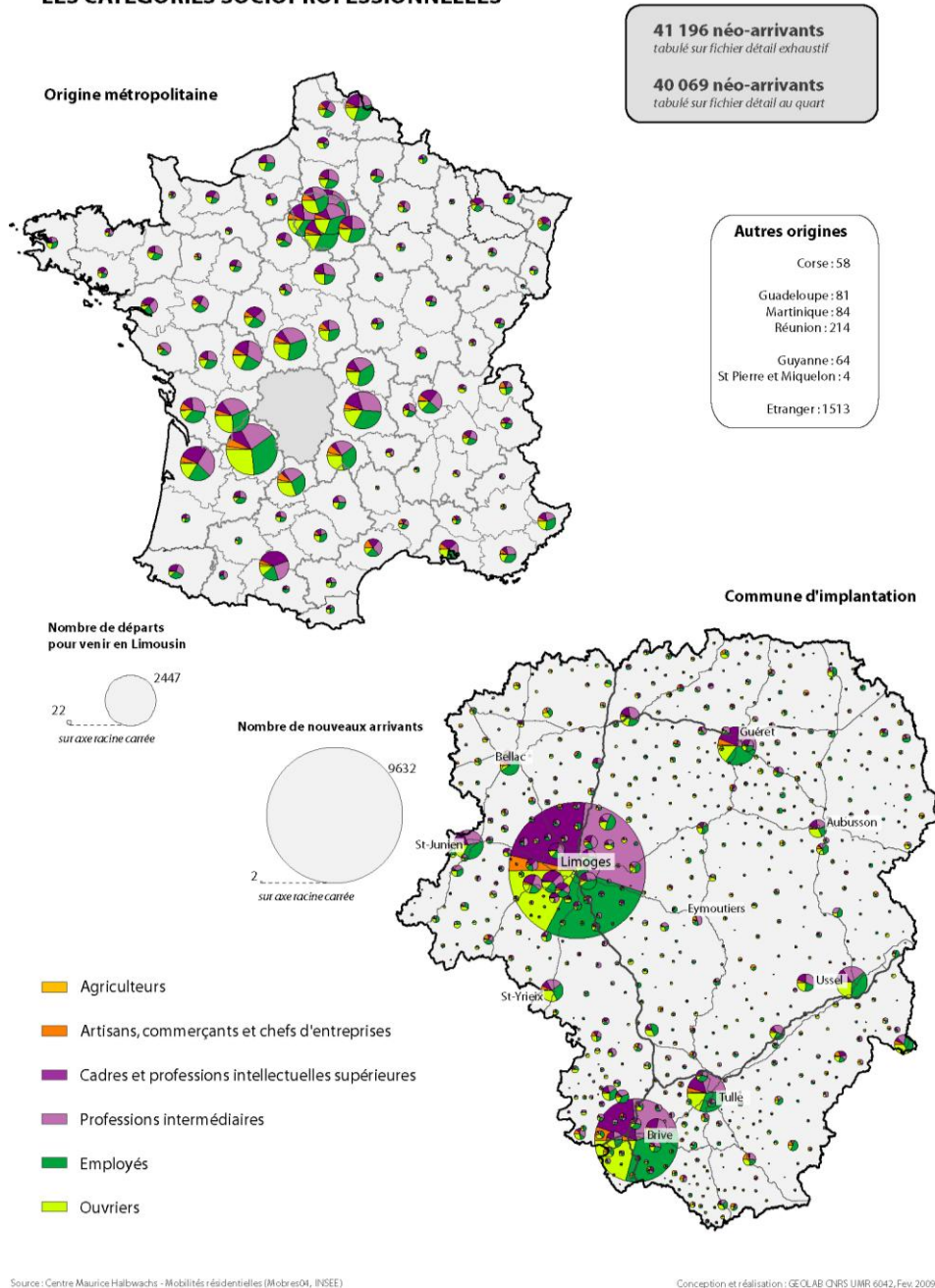
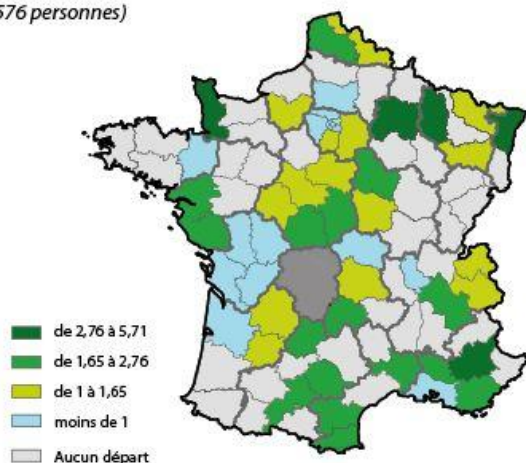


Figure 38 : Origines / Destinations des néo- arrivants définis selon les CSP (1990-1999)

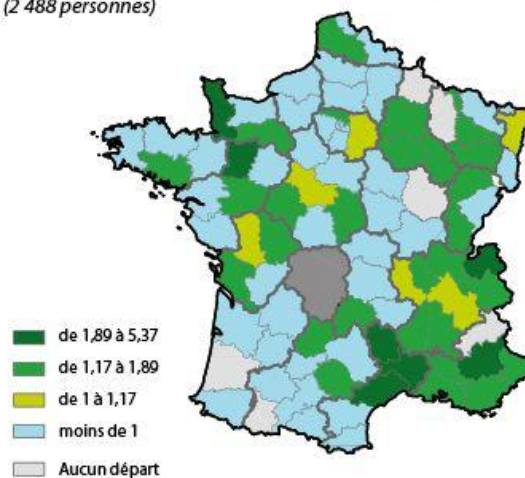
Les agriculteurs et les artisans, commerçants et chefs d'entreprises se distinguent des autres groupes par le fait qu'ils ne sont pas salariés, et leurs choix géographiques d'installations ne sont donc pas directement liés à la présence d'emplois à pourvoir. Par contre, pour les quatre autres catégories professionnelles (par ordre décroissant du niveau de qualification : les ouvriers, les employés, les professions intermédiaires, et enfin les cadres et professions intellectuelles supérieures), la motivation du lieu d'installation est fréquemment guidée par les opportunités professionnelles, ou doit tout du moins être conciliable avec elle.

Quotient de délocalisation

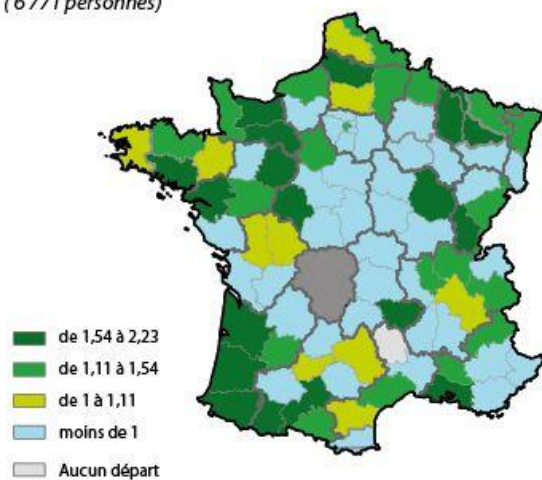
Agriculteurs
(576 personnes)



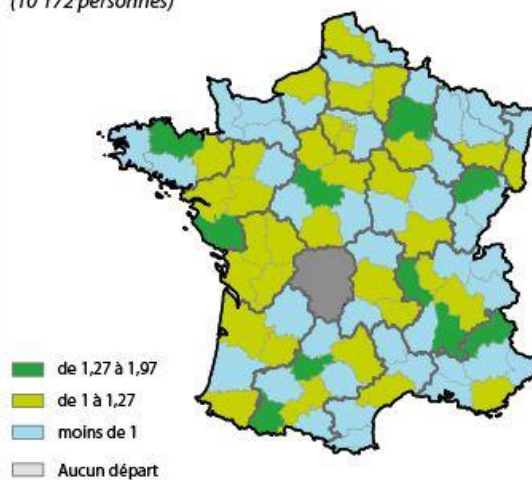
Artisans, commerçants, chefs d'entreprises
(2 488 personnes)



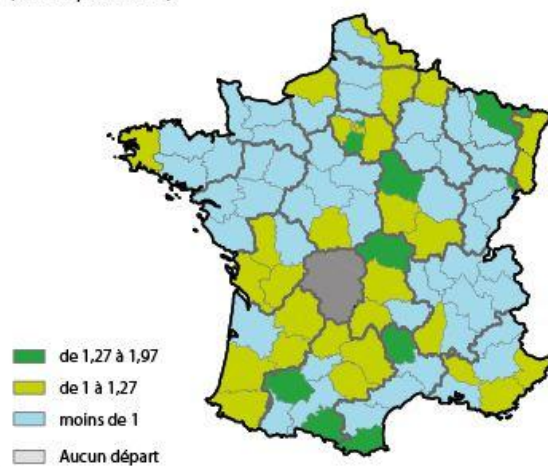
Cadres et professions intellectuelles
(6 771 personnes)



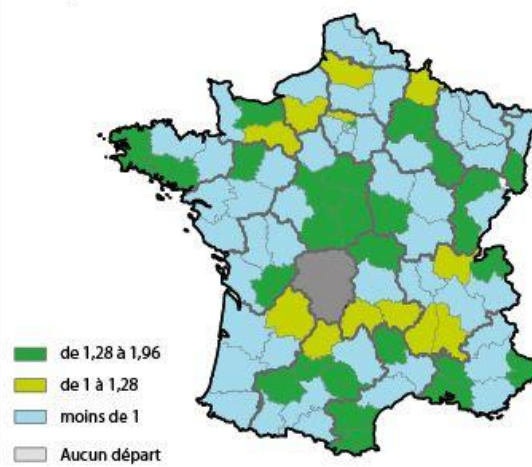
Professions intermédiaires
(10 172 personnes)



Employés
(11 938 personnes)



Ouvriers
(8 124 personnes)



Source : Centre Maurice Halbwachs - Mobilités résidentielles (Mobres04, INSEE)

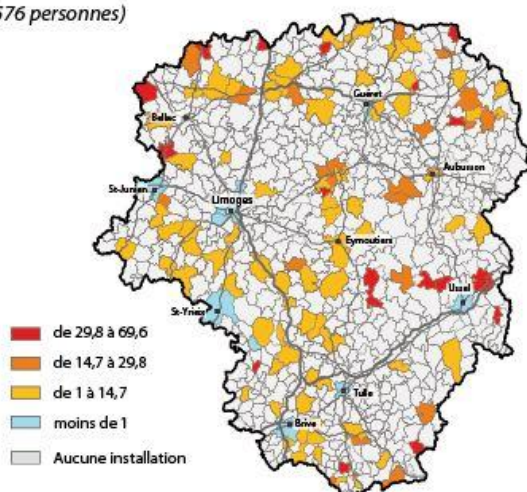
Conception et réalisation : GEOLAB CNRS UMR 6042, Fév. 2009

Figure 39a : Quotient de délocalisation des néo-arrivants par CSP (1990-1999)

Quotient de localisation

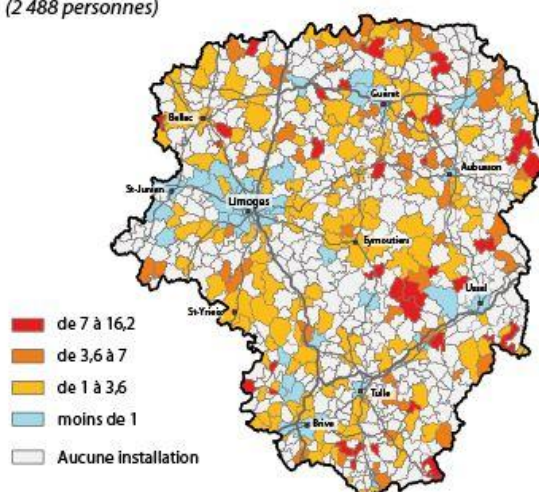
Agriculteurs

(576 personnes)



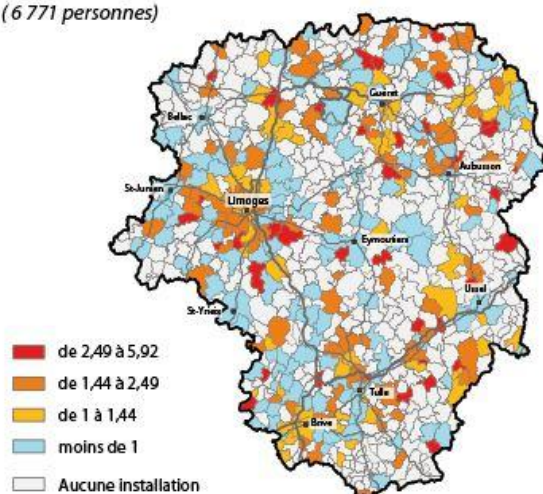
Artisans, commerçants, chefs d'entreprises

(2 488 personnes)



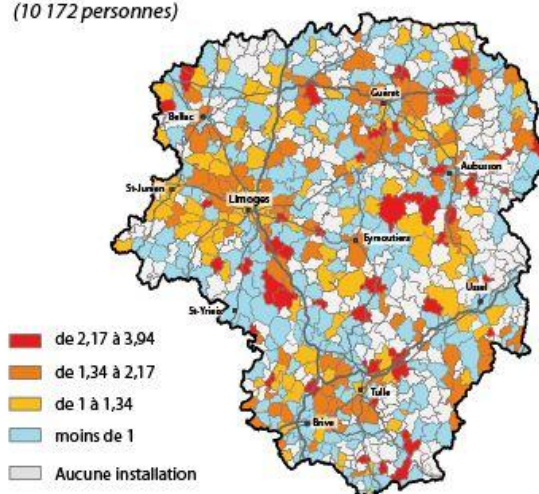
Cadres et professions intellectuelles

(6 771 personnes)



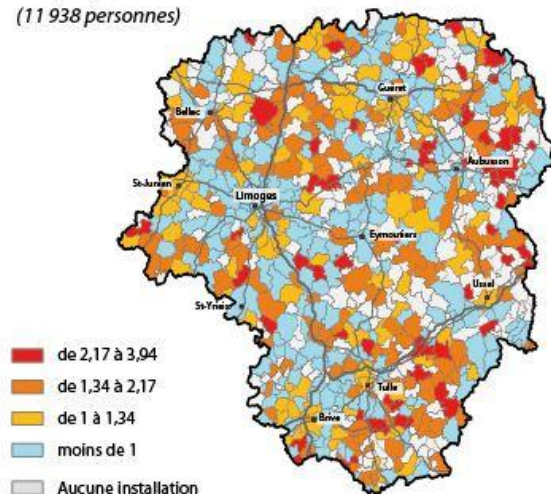
Professions intermédiaires

(10 172 personnes)



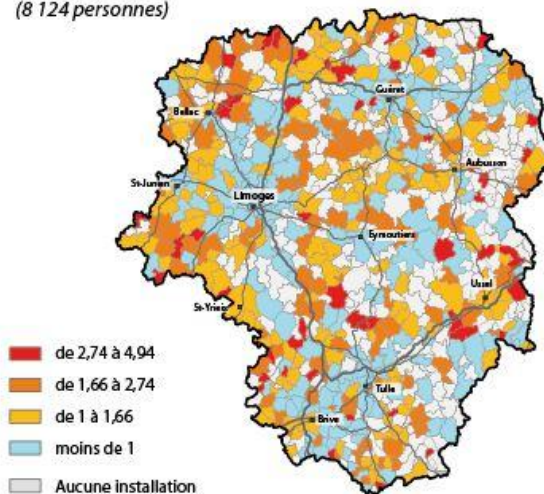
Employés

(11 938 personnes)



Ouvriers

(8 124 personnes)



Source : Centre Maurice Halbwachs - Mobilités résidentielles (Mobres04, INSEE)

Conception et réalisation : GEOLAB CNRS UMR 6042, Fev. 2009

Figure 39b : Quotient de localisation des néo- arrivants par CSP (1990-1999)

La double page constituée par les figures 39a et 39b met en évidence des choix différentiels d'installation entre les quatre catégories socioprofessionnelles dépendantes de l'emploi, alors que les effectifs concernant les non salariés ne présentent pas une puissance statistique suffisante pour un commentaire fiable (seulement 576 *agriculteurs* soit 4% des néo-arrivants actifs, et 2488 *artisans and Co.* soit 6,2%).

Les cadres et professions intellectuelles (16,9 %), représentant le plus haut niveau de qualification des actifs salariés, sont surreprésentés dans les départements d'origine les plus éloignés du Limousin, et s'installent très préférentiellement dans l'agglomération limougeaude. A l'échelle communale, cette catégorie répond à des logiques interurbaines : par exemple, 304 cadres sont originaires de Toulouse ce qui représente 43,3% des néo-arrivants originaires de cette ville. D'origines départementales un peu moins lointaines, *les professions intermédiaires* (25,4%) répondent également à cette logique interurbaine mais s'installent plus largement dans les autres villes du Limousin (Brive, Tulle, Guéret, etc.). Ensuite, plus le niveau de qualification baisse (*les employés* : 29,8 % puis *les ouvriers* : 20,3%), plus les départements d'origine sont proches du Limousin et les catégories de moins en moins représentées dans les pôles urbains dynamiques de la partie ouest de la région.

La marginalité géographique mise en évidence pour la catégorie des *actifs non occupés*, semble également s'exprimer en fonction du niveau de qualification socioprofessionnelle : les villes des deux pôles régionaux dynamiques (Limoges et Brive-Tulle) polarisent les plus hauts niveaux de qualification (et donc de revenus salariés), tandis que pour les villes périphériques de la partie est et les espaces plus ruraux la surreprésentation concerne les actifs non occupés et les plus bas niveaux de revenus.

Fort de ce constat, F. Richard (2009) pose alors la question suivante : *cette marginalisation géographique correspondrait-elle à une marginalisation sociale ?* L'argumentaire illustré qui nous a conduit à cette question s'adresse principalement aux commanditaires de l'étude, qui bénéficient ainsi d'un document permettant de quantifier les flux mais également d'y déceler des géodynamiques socioprofessionnelles spécifiques qui participent (ou pondèrent) les déséquilibres déjà présents dans la région.

3. Vers l'identification de territoires d'actions

La typologie des communes en fonction de leurs profils migratoires permet une approche plus synthétique des spécificités géographiques de chaque catégorie de migrants entrants interrégionaux. Cette dernière, dont la méthodologie et les statistiques préliminaires ont été présentées dans la partie *Méthodologie* (figure 34) a été menée grâce à une Classification Ascendante Hiérarchique s'appuyant sur deux variables relatives à la dynamique démographique de la commune (le *taux de croissance communal 1990-1999*, et la *part des migrants interrégionaux dans la population résidentielle*) et six variables permettant de qualifier le flux (*part des étrangers parmi les néo-arrivants, des moins de 15 ans (idem), des élèves étudiants, des chômeurs et des actifs occupés*). Elle n'intègre aucun indicateur de statistiques spatiales, et les regroupements sont donc opérés uniquement à partir des huit variables précédemment citées.

La carte obtenue à partir de cette typologie de cinq classes offre une représentation qui dévoile des structures spatiales cohérentes (figure 40).

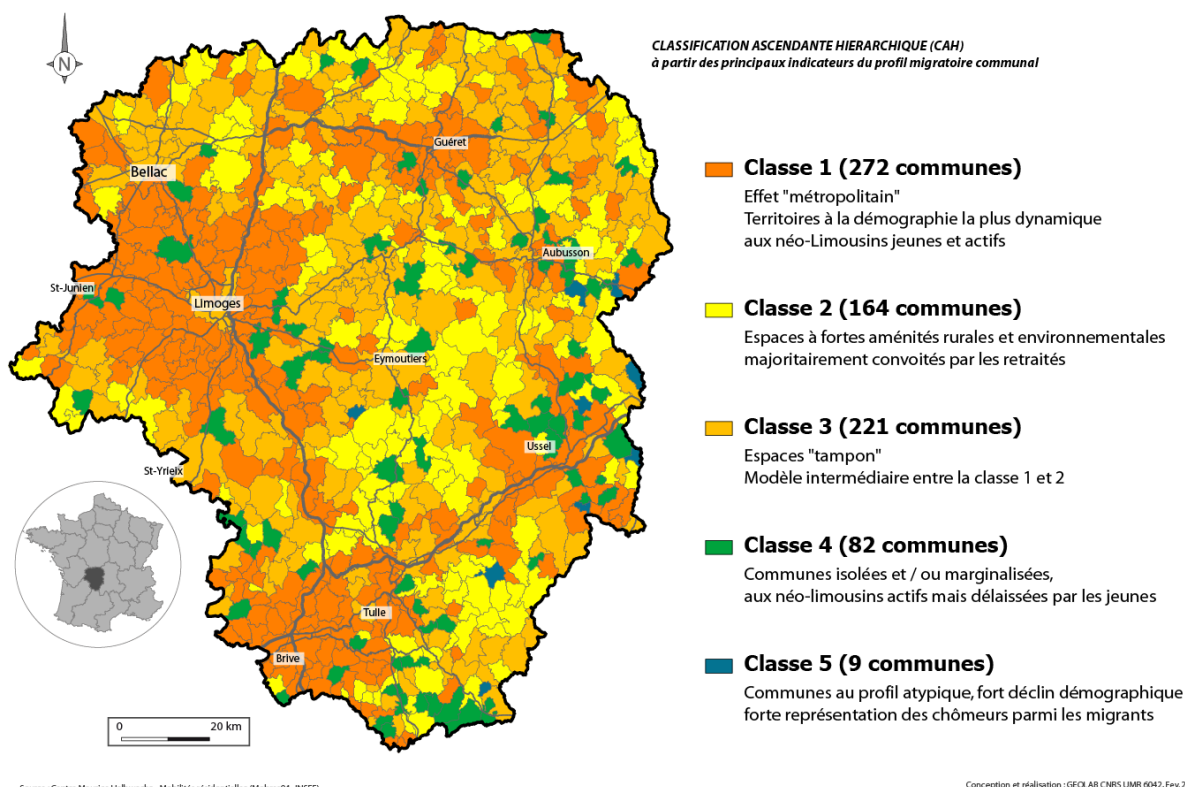


Figure 40 : Classification des communes à l'égard de leur profil migratoire

La première classe (composée de 272 communes) dessine les contours des territoires à la démographie la plus dynamique attirant les migrants jeunes et actifs : en orange sur la carte, il s'agit des territoires urbains (où sous influence urbaine) parmi lesquels se distingue la très ample zone d'influence de Limoges dans la partie ouest de la région ,et le duo Brive-Tulle dans la partie sud. Les abords des axes autoroutiers font également partie de ces territoires jeunes et dynamiques. Connectés par ces axes de communications, les villes comme Ussel, Guéret et dans une moindre mesure Aubusson, rejoignent cette catégorie.

La seconde classe (composée de 164 communes) est à l'antipode des premiers : des communes connaissant majoritairement un déclin démographique combiné à une surreprésentation des retraités parmi les néo-arrivants. En jaune sur la carte, ces communes constituent les territoires ruraux les moins accessibles mais bénéficiant de fortes aménités environnementales.

La troisième classe (composée de 221 communes) est le modèle intermédiaire tant sur le plan qualitatif que géographique : les communes présentent une répartition plus équilibrée entre retraités et jeunes actifs, et se situent à l'interface entre les ensembles géographiques constitués par les classes 1 et 2.

La classe 4 (composée de 82 communes) se distingue notamment par une part significative d'actifs occupés alors que les jeunes actifs sont peu représentés. En considérant la classe 5 (composée de 9 communes atypiques), ces deux dernières classes ne dévoilent pas de structures spatiales permettant de caractériser des territoires spécifiques.

Pour Conclure,

Cet état des lieux, premier du genre produit localement à une résolution si élevée (échelle spatiale et catégories étudiées), constitue ainsi un premier référentiel dont la méthodologie peut être appliquée aux recensements ultérieurs dans une visée d'observations diachroniques.

Le géo-diaporama commenté de la période 1990-1999, présenté aux élus de la Commission Thématique « *Territoires et politique d'accueil* » puis remis dans un tapuscrit aux services techniques, constitue aujourd'hui un catalogue des données migratoires résidentielles géoréférencées opérationnelles : en un coup d'œil, il est possible de connaître l'effectif du flux considéré (tranche d'âge, csp, etc..) et de pondérer l'importance de ce flux à l'égard des autres catégories comme des territoires qui les accueillent. Ce document technique constitue certainement une aide aux décisions techniques comme politiques concernant les actions conduites par le Conseil régional.

Les commanditaires n'ont jamais demandé une version informatisée de la base de données produite : les élus ont témoigné d'une satisfaction relative à l'égard de l'avancée des connaissances sur la caractérisation de ces 5000 nouveaux résidents annuels, et les services techniques ont accusé réception du document manuscrit qu'ils conservent et consultent occasionnellement.

Les archétypes des territoires définis dans ce travail visent à dresser un portrait sectoriel du territoire régional, facilement mémorisable : les territoires de la partie ouest bénéficient de flux entrants composés majoritairement de néo-arrivants jeunes, actifs et d'un haut niveau de qualification professionnelle, tandis que les villes situées à l'est (Ussel, Aubusson, Guéret) constatent une surreprésentation des actifs au niveau de qualification plus bas (employés, ouvriers) et des chômeurs. Lorsque ces derniers s'installent dans la partie ouest, ils résident généralement dans les espaces périphériques de la deuxième ou troisième couronne périurbaine. Enfin, les territoires ruraux surmontent difficilement un déclin démographique grâce à l'arrivée de retraités majoritairement originaires de la région parisienne.

La richesse de ce premier travail repose notamment sur l'insistance à définir des territoires infrarégionaux qui semblent répondre à des logiques différentes de flux migratoires. Les décideurs peuvent désormais s'interroger sur l'adéquation entre les politiques raisonnées à l'échelle régionale et les processus en cours dans les territoires infrarégionaux, nécessitant peut être des actions différenciées en fonction de leur répartition géographique.

III. Etude de cas : géodynamiques des migrations régulières dans les TER

Les Transports Express Régionaux font partie de ces outils d'Aménagement du Territoire qui doivent simultanément répondre aux besoins des populations et refléter une politique prospective en cohérence avec un développement durable. Dans une région comme le Limousin, les TER assurent ainsi la desserte d'un vaste territoire majoritairement composé d'espaces de faible densité de population (figure 41). D'un point de vue prospectif, ce mode de transport collectif est unilatéralement reconnu d'intérêt majeur à l'égard d'un développement territorial respectueux de l'environnement..

Les Conseils régionaux français (parmi leurs multiples missions) ont désormais le statut d'Autorité Organisatrice des Transports (AOT⁹⁶) régionaux : une nouvelle compétence consistant principalement à renforcer leur rôle dans la gestion et le développement de ces déplacements spécifiques. Considérant qu'il existe des déplacements spécifiquement urbains (dont les Communautés d'Agglomérations sont les AOT), comme il existe des déplacements spécifiquement nationaux (liaisons autoroutières, ferroviaires à grande vitesse ou aériennes), comment définir les déplacements qualifiés de spécifiquement « régionaux » ?

L'objectif principal du développement des TER contemporains est d'assurer une desserte ferroviaire en cohérence avec l'évolution des besoins des populations, notamment avec les flux de migrations pendulaires liés aux mobilités quotidiennes ou hebdomadaires. La tâche est par nature complexe car elle doit sans cesse intégrer les évolutions des comportements ainsi que les évolutions spatio-économiques comme sociodémographiques de l'espace géographique considéré. Une réflexion sur le sujet est d'autant plus pertinente que les domaines d'activités liés à l'exploitation du Réseau Ferré de France sont en pleine restructuration. Dans le même temps, les Conseils régionaux mettent en place des outils leur permettant d'étudier les principaux indicateurs afin de développer de nouveaux moyens d'actions. L'étude présentée reflète ce contexte : la commande d'un diagnostic spatio-temporel du rythme hebdomadaire de fréquentation du réseau ferroviaire TER, et une prospective au regard des utilisateurs potentiels.

⁹⁶ Nouveau statut explicité dans la partie suivante (références législatives dans la note 3)

A. Contexte et objectifs

Les réformes territoriales contemporaines consistent à transférer (ou créer) régulièrement de nouvelles compétences à l'échelle régionale. Les collectivités territoriales et les intercommunalités se dotent donc progressivement d'outils d'aide à la décision pour assurer leur changement de statut dans des domaines d'activité où elles intervenaient déjà à titre consultatif ou pour subventionner une partie du service rendu aux populations. L'action-recherche présentée dans cette partie s'inscrit dans ce contexte institutionnel sur le thème plus précis des Transports Express Régionaux ferroviaires.

1. Le réseau TER ferroviaire, de l'héritage à l'outil de développement

Le Conseil régional du Limousin consacre un peu plus de 15 % de son budget annuel aux transports ferroviaires, soit environ 70 millions d'euros. Pour la modernisation du réseau TER, il s'est récemment engagé à investir 38 millions d'euros jusqu'en 2013 ⁹⁷. Ces investissements et coûts de fonctionnement témoignent de l'enjeu que la Région attache à ce service aux populations. Les moyens d'actions principaux du Conseil régional concernent avant tout les déplacements sur le réseau ferré régional (figure 41). Les liaisons en autocar (que nous ne traitons pas dans cette étude) couvrent principalement les zones non desservies par le transport ferroviaire : Limoges-Aubusson, Aubusson- Ussel, Uzerche-Tulle, Guéret-la Souterraine. Elles permettent aussi de renforcer certaines dessertes (notamment Limoges-Uzerche). Cependant cette mission qui passe par le transport routier chevauche celle des Conseils généraux, eux mêmes AOT des transports spécifiquement « départementaux » (consacrés très majoritairement aux scolaires). A l'inverse de ce mode de transport, la spécificité d'un réseau ferroviaire est d'abord l'immutabilité de son tracé : l'héritage des voies de chemin de fer est prépondérant compte tenu du coût de la mise en place de nouvelles lignes. A l'échelle régionale, les modifications de tracés ne peuvent être que ponctuelles et représentent systématiquement des coûts très élevés. Par conséquent, à l'échelle globale du réseau, une réflexion sur l'adéquation entre la fréquentation de ces dessertes définies depuis plus d'un siècle et les besoins contemporains s'inscrit dans les responsabilités de développement durable d'une collectivité territoriale.

⁹⁷ Chiffres 2009 communiqués sur le site internet de la Région Limousin

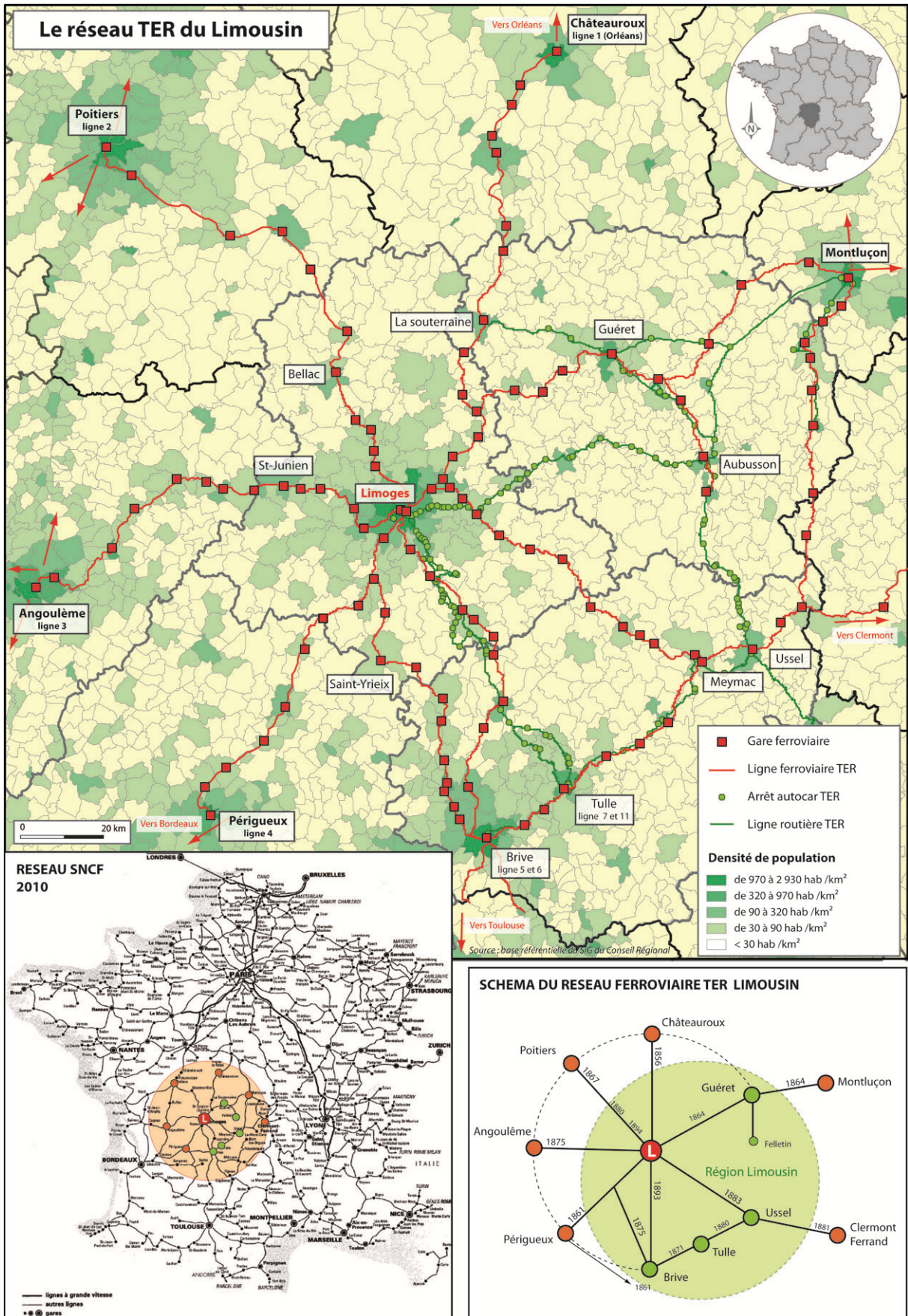


Figure 41 : Présentation générale du réseau TER Limousin

En Limousin, le chemin de fer arrive à Limoges en 1856. Commencé en 1842 à Paris, la ligne passe par Orléans, Châteauroux, Argenton sur Creuse, et Saint-Suplice Laurière. Avant la fin du XIX^{ème} siècle, l'infrastructure ferroviaire reliant Limoges aux préfectures des régions voisines est entièrement mise en place (Brissault, 2008). Un réseau en étoile autour de Limoges se construit progressivement : en 1861, Limoges est reliée à Périgueux (déjà reliée à Brive depuis 1857), à Montluçon en 1864, à Poitiers en 1867, à Angoulême en 1875, à Ussel (pour rejoindre Clermont Ferrand) en 1883. Au sud, bien que le réseau permette d'atteindre Toulouse (via Périgueux, Brive, Capdenac...) dès 1861, une nouvelle voie fut construite en 1875 : utilisant un tronçon commun avec la ligne Limoges-Périgueux jusqu'à Nexon, elle dessert Saint-Yrieix-la-Perche, mais permet surtout d'atteindre Brive plus rapidement (réduction de 74 km). Cette ligne sera dédoublée dès 1893 lorsque Limoges sera reliée à Brive via Uzerche : un gain seulement de 4 km, mais une voie dite « rapide » compte tenu du nombre d'ouvrages d'arts permettant de rester « à grande vitesse » (de l'époque). La ligne transversale (Brive-Tulle-Ussel-Clermont Ferrand), qui ne répond pas à la logique d'étoile de Limoges, fut aussi construite à la fin du XIX^{ème} même si la fréquentation ne prend de l'ampleur qu'au début du XX^{ème} (Banaudo, 2003).

Le réseau TER ferroviaire est ainsi composé de 11 lignes. Limoges conserve son rôle de centre de l'étoile pour 8 d'entre elles numérotées dans le sens inverse des « aiguilles d'une montre » :

- Ligne 1 : Châteauroux *via* la Souterraine (Nord)
- Ligne 2 : Poitiers *via* Bellac (NE)
- Ligne 3 : Angoulême *via* Saint-Junien (E)
- Ligne 4 : Périgueux *via* Nexon (SE)
- Ligne 5 et 6 : Brive *via* Nexon et *via* Uzerche
- Ligne 8 : Clermont-Ferrand *via* Ussel (SO)
- Ligne 10 : Montluçon *via* Guéret (O)

Les 3 autres lignes ferroviaires correspondent à des transversales :

- Ligne 11 : Brive – Clermont-Ferrand *via* Tulle et Ussel (E-O au sud)
- Ligne 15 : La souterraine – Felletin *via* Guéret (E-O au nord)
- Ligne 12 : Ussel – Montluçon (N-S aujourd'hui arrêtée)

L'infrastructure ferroviaire dans l'espace de compétence du Conseil régional du Limousin est donc la même que celle du début du XXème siècle. La fermeture de la ligne 12 montre que la gestion du réseau s'adapte à l'évolution des besoins au sein des territoires desservis (la liaison nord sud Ussel-Montluçon, desservant le plateau de Millevaches a été arrêtée au regard d'une fréquentation plus que déficitaire). Qu'en est-il pour les autres dynamiques ? Une périurbanisation qui rend floue la limite avec l'espace rural, des migrations pendulaires (professionnels et scolaires) acceptant des durées de parcours de plus en plus longues et des distances parcourues de plus en plus lointaines.

2. Autorité Organisatrice des Transports, quels moyens d'actions ?

Le Conseil régional du Limousin a acquis le statut d'Autorité Organisatrice des Transports (AOT) en 2002. En France, une autorité organisatrice de transports est une des collectivités auxquelles la loi d'orientation pour les transports intérieurs n° 82-1153 du 30 décembre 1982 dite *Loti* a confié la mission d'organiser les transports. Les Conseils généraux et les Communautés d'Agglomération de la région ont eux aussi acquis ce statut. Chacune de ces entités territoriales a respectivement en charge l'organisation des transports régionaux, départementaux ou urbains.

La convention entre la SNCF (jusqu'alors unique prestataire) et le Conseil régional Limousin expire en 2011 alors que simultanément, le marché économique de l'exploitation du Réseau Ferré de France s'ouvre à la concurrence⁹⁸. La Région Limousin bénéficie de la combinaison de ces deux évènements pour affirmer sa politique de transport collectif sur l'outil qui la concerne au premier rang : le réseau Transports Express Régionaux.

Cette nouvelle donne permet ainsi au Conseil régional de se prononcer sur le choix de l'opérateur et, par conséquent d'influer sur le cadencement des trains, les horaires, les gares les plus desservies, etc. Pour assurer cette nouvelle mission, les services techniques devaient donc disposer d'une connaissance détaillée du réseau (l'infrastructure) et de ses usagers.

C'est donc en préliminaire d'une réflexion sur la politique la plus adaptée au contexte territorial du Limousin que le service *Transports et Déplacements* du Conseil Régional a

⁹⁸ En conformité avec les lois économiques européennes de libre concurrence

sollicité l'UMR CNRS 6042 GEOLAB pour une étude sur le thème général du Réseau TER et de ses usagers. Une enquête sur *les pratiques et les usages* conduite en février 2009 a apporté un éclairage certain sur les profils des usagers et leurs attentes (Garnier, 2009). Les commanditaires de l'étude (chargés de missions, responsable de service et le responsable de la délégation aux *Etudes et Prospectives*) souhaitaient également initier une réflexion sur l'optimisation du service rendu. Concernant l'enquête, les questions ont pu être directement posées aux usagers par l'intermédiaire du questionnaire.

Pour compléter cette approche « d'optimisation » (par définition limitée à l'échantillon représentatif de l'enquête), un diagnostic territorial a ensuite été entrepris à partir d'indicateurs de fréquentation sur l'ensemble du réseau et pour tous les trains en circulation (par ligne, gare, horaires...). Les prospectives concernant « l'optimisation du service » ont alors pris un sens de « développement du service » en recherchant la clientèle potentielle sur les déplacements les plus fréquents (domicile-travail, domicile-étude).

3. Contribuer à l'élaboration d'un outil d'aide à la décision

Cette action-recherche correspond ainsi à une collaboration avec les services techniques en quête d'un outil d'aide à la décision identifiant les points forts et points faibles du réseau. Pour les chargés de missions, les analyses doivent leur permettre de définir les actions qui répondent le mieux à la politique souhaitée par la collectivité. Par exemple, si le Conseil régional décide d'expérimenter des tarifs préférentiels pour les déplacements domicile-travail, l'analyse doit permettre d'identifier les lignes et les gares où la période d'essai sera la plus pertinente, et permettra ensuite de réaliser des projections (objectifs à atteindre, scénarii, etc.).

Les résultats de l'enquête sur les usagers⁹⁹ étaient à l'ordre du jour de la commission thématique de juillet 2009. Ils ont été présentés aux élus (décideurs) sous la forme d'une synthèse : principaux profils des usagers, fréquence d'utilisation et motifs, impacts des tarifs préférentiels, etc. Les résultats ont ensuite été transmis aux services techniques sous deux

⁹⁹ Entre le 2 et 8 février 2009, 4300 questionnaires pour les 7800 voyageurs rencontrés ont été recueillis sur l'ensemble des lignes par 9 équipes d'enquêteurs (Etudiants de Licence 2 de Géographie).

formes : un fichier exhaustif regroupant toutes les réponses aux questionnaires et un document de synthèse.

Durant l'année universitaire 2008/2009, Joannes Bouillaguet a réalisé son mémoire de master de Géographie ligne (Bouillaguet, 2009a) dans le cadre de cette collaboration. Il a ainsi activement participé à l'enquête, et avait pour objectif principal la réalisation d'un « tableau de bord » consistant à structurer les informations dans une présentation de type « Atlas géostatistique » : pour chaque ligne du réseau, 6 pages associent des cartes, des graphiques, des tableaux et des commentaires pour présenter les indicateurs mobilisés sous la forme de 7 rubriques¹⁰⁰ Une synthèse souligne les spécificités de chaque ligne (Bouillaguet, 2009b). Ce travail a été finalisé au cours de son stage professionnalisant réalisé au sein du service *Transports et déplacements* : la sélection des indicateurs pour chaque thématique et les modalités de présentation ont été conduites en concertation avec les différents acteurs du service (chargés de missions, chargés d'études, chef de service).

Le travail présenté est la dernière étape de ce contrat entre le Conseil Régional et l'umr CNRS 6042 GEOLAB : transmettre au service technique une base de données réunissant les principaux indicateurs de fréquentation du réseau (actualisés et actualisables). Le *Tableau de Bord*, construit sur la même logique, valorisait essentiellement les résultats de l'enquête et était à ce titre expérimental. Les besoins exprimés insistaient alors sur la nécessité d'une approche plus analytique.

L'approche complémentaire à l'enquête et au tableau de bord consistait alors à réaliser un document présentant des résultats inédits sur le rythme hebdomadaire et journalier du réseau TER et sur ses potentialités d'optimisation à court terme (indicateurs pour mettre en place des actions sur les gares au plus fort potentiel d'accroissement). L'analyse présentée dans ce doctorat ne fait cependant qu'illustrer les possibilités d'exploitation de la nouvelle base de données sur la fréquentation du réseau que nous avons pu constituer, et que nous avons ensuite adressé à la cellule *Etudes et Prospectives* du Conseil régional.

¹⁰⁰ Généralités, usagers, usages, aspects tarifaires, perception et satisfaction des usagers, et inter modalité

B. Méthodologie

La méthodologie de l'étude est organisée autour d'un SIG « éphémère¹⁰¹ » dont l'objectif est double : structurer une base de données sur la fréquentation des trains TER et réaliser les analyses spatiales nécessaires à la production des premiers résultats. Ce travail doit permettre d'apporter des informations inédites, afin d'établir un diagnostic territorial et d'initier des perspectives de développement.

Dès les premiers échanges avec les chargés de mission du service technique, il est rapidement apparu que l'information mobilisable dans les bases de données du Conseil régional (sur la fréquentation des trains TER) n'était constituée que de chiffres globaux (exemple : nombre de passagers/ jour pour les lignes principales) transmis par l'opérateur unique (la SNCF). Un besoin de données inédites pour une retranscription spatio-temporelle de la fréquentation a ainsi été exprimé : cette étude initiée par le service technique (à vocation d'usage interne) doit permettre de comprendre le fonctionnement du réseau (« le rythme ») en raisonnant à partir de deux questions relatives au nombre d'utilisateurs : *Quand ? et Où ?*

1. Les échelles spatiales et temporelles

Pour structurer l'information, les échelles spatiales et temporelles devaient être préalablement définies. Sur le plan spatial, la zone géographique investie correspond à l'espace de compétence du Conseil régional Limousin en ajoutant la section Saint-Sébastien - Châteauroux (non conventionnée) afin de garder une cohérence dans les extensions spatiales de « l'étoile » ferroviaire du Limousin (figure 41). Deux types d'objets géographiques sont considérés : la ligne (ou voie de chemin de fer) qui définit un parcours origine-destination, et les gares (points de dessertes) des territoires traversés. Sur le plan temporel, l'étude doit permettre de mesurer les « *rushs* » c'est-à-dire les plages horaires où l'on constate une augmentation significative de l'activité. Ces *rushs* identifient ainsi les besoins des populations dans leurs déplacements quotidiens, hebdomadaires ou occasionnels.

¹⁰¹ Terme utilisé pour préciser que la finalité du SIG est la production d'analyses spatiales (fonctionnalité SIRS) et non la gestion pérenne d'informations géographiques. Sa durée de vie est donc limitée à celle de l'étude, et l'information structurée sous forme d'une base de données est transférée au commanditaire de l'étude.

En considérant ces deux dimensions (spatiale et temporelle), la structuration des données des comptages réalisés par la SNCF (chaque arrêt : montées, descentes) a été conçue de sorte à réaliser un diagnostic pour chaque gare, pour chaque ligne et enfin, sur l'ensemble du réseau. L'étude de la fréquentation par « plages horaires » a permis de mesurer la distribution spatiale des voyageurs en fonction des pics d'activités, mais également la fréquentation aux heures dites « creuses » des journées ouvrables ou durant le week-end. Enfin, le croisement de ces informations avec les données externes au SIG du Conseil régional (DADS de l'Insee, mobilités des scolaires et étudiants des rectorats et de l'Université) a permis d'identifier une clientèle potentielle utilisant aujourd'hui un autre mode de transport pour ces déplacements pendulaires (il s'agit bien évidemment de la concurrence automobile).

2. Les sources d'Informations

Le service *Transports et déplacements* dispose de l'ensemble des référentiels géographiques structurés et sélectionnés par la cellule SIG du Conseil régional (base de données référentielle de l'organisation). Les autres sources d'informations relatives aux déplacements des salariés et des scolaires ont également été commandées par le Conseil régional auprès des organismes compétents (Insee, Rectorat, Université). En termes de production de données, la contribution principale a consisté à structurer une base de données à partir des comptages effectués par la SNCF. Ce travail a bien sûr été réalisé de sorte à assurer une interopérabilité avec les référentiels habituellement utilisés par les chargés d'études du Conseil Régional, en vue d'un transfert de cette base à la fin de l'étude.

Les référentiels géographiques

La cellule SIG du SIG-CR Limousin a mis à disposition trois couvertures cartographiques : les gares, les voies ferrées et les communes. Selon cette source, le réseau ferroviaire TER de notre zone d'étude dénombre 114 arrêts réguliers. Pour chaque gare, les attributs suivants ont été conservés : code d'identification unique, nom de la gare, nom de la commune d'arrêt et numéro Insee de la commune concernée. La gare est ainsi considérée comme un objet géographique auquel nous pouvons attacher les valeurs quantifiées de la fréquentation des usagers.

Les voies ferrées représentent environ 1300 km linéaires. Cette couverture cartographique est structurée en tronçons entre chaque gare. Nous avons utilisé cette cartographie uniquement pour l'habillage des représentations spatiales.

Enfin, le découpage administratif communal (source : BDcarto de l'IGN) a servi de support pour définir l'espace géographique desservi à partir d'indicateurs simples (exemple : densité de population), Dans un second temps, l'espace desservi est apprécié en fonction du potentiel de développement au regard des migrations pendulaires des salariés et scolaires-étudiants.

Les comptages SNCF

La SNCF organise régulièrement des comptages en dénombrant le nombre d'usagers montant et descendant à chaque desserte. Ces campagnes de comptages (1 ou 2 par an) se déroulent sur une période variant de 2 à 4 semaines (en fonction du nombre d'agents) pour donner lieu à un récapitulatif hebdomadaire. Ces données, souvent consultées mais rarement exploitées statistiquement, permettent pourtant d'étudier la fréquentation de chaque train (dans sa dimension spatio-temporelle :/ligne/horaire). Les comptages les plus exhaustifs avaient été réalisés en mars 2008. Pour les trains qui n'avaient pas été dénombrés sur cette campagne, les comptages réalisés en décembre 2007 ont permis de compléter la base (environ 10% de la base de données) : un fichier de 6415 lignes (une par gare et par horaire) traduit ainsi la fréquentation de plus de 34 600 montées (équivalent en descentes) pour les 855 trains circulant au cours d'une semaine (figure 42).

Notre base de données apparaît suffisamment exhaustive au regard des chiffres annoncés par la SNCF et ceux obtenus par notre BD sur les chiffres globaux (personnes /jour ouvrable).

Le potentiel d'analyse est donc une réflexion sur l'hétérogénéité de la fréquentation au sein du réseau (par horaire / par ligne et /gare). Notons tout de même que des changements ponctuels dans le cadencement des trains sont intervenus depuis ces comptages, que la ligne 2 (Limoges-Poitiers) connaissait des travaux, que la ligne 12 n'était déjà plus exploitée et enfin, que les comptages sur la ligne Limoges-Montluçon se sont fréquemment limités à la liaison Limoges-Guéret. Il convient donc d'admettre que les comptages utilisés peuvent légèrement sous estimer la fréquentation sur les lignes précédemment citées.

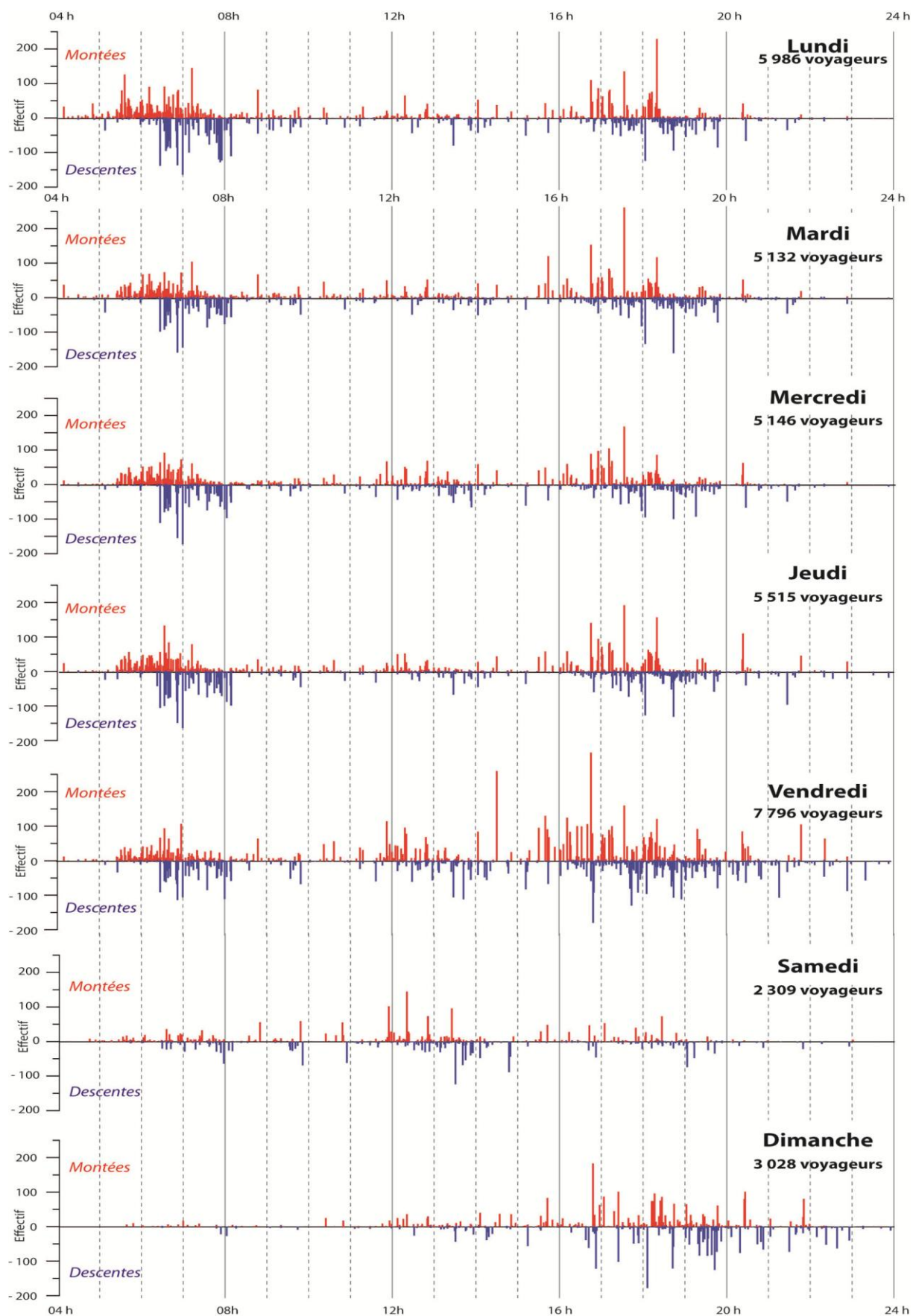


Figure 42 : Fréquentation quotidienne selon les comptages SNCF (déc. 2007-mars 2008)

Les données sur les utilisateurs potentiels

Les DADS : cet acronyme identifie la base de données commercialisée par l'Insee concernant les déplacements « domicile-travail » des salariés (réalisée à partir d'un échantillon au 1/12^e des données individuelles anonymées issues des Déclarations Annuelles des Données Sociales). Les fichiers fournis sont aux normes DADS Insee¹⁰², et pour ce qui nous intéresse, elles spécifient la commune de résidence, la commune de travail et le nombre de salariés concernés. Ces fichiers (que nous avons compilés) concernaient les 3 départements du Limousin ainsi que les 9 départements limitrophes.

La première limite de cette source d'information a trait au secret statistique dès lors que la correspondance « Origine-Destination » concerne moins de 5 salariés ou que la commune de travail héberge moins de 3 entreprises. La seconde est que cette source ne prend pas en compte les agents titulaires des organismes de l'Etat, et des employés des services domestiques. Ces deux limites conduisent ainsi à largement sous estimer les flux « domicile – travail », particulièrement dans les espaces éloignés des centres urbains où les effectifs restent généralement faibles.

La seconde source sur la clientèle potentielle concerne les étudiants et les scolaires. Ces sources (rectorat de l'académie de Limoges et Université) identifient les déplacements en mentionnant les communes de résidence et les communes de scolarisation des collégiens, lycéens et étudiants. La limite de cette source relève du fait qu'elle ne concerne que ceux qui étudient en Limousin, quel que soit leur lieu de résidence. Malheureusement, pour ceux qui habitent le Limousin mais étudient dans une autre région, aucune source fiable n'a pu être mobilisée.

3. La démarche : état des lieux et prospectives

Cette étude est organisée en deux parties : la première permet de mesurer le « rythme quotidien et hebdomadaire » de la fréquentation du réseau ferroviaire tandis que la seconde partie s'inscrit comme une prospective sur la clientèle potentielle des voyageurs quotidiens (salariés et scolaires).

¹⁰² Cf. site de l'Insee pour descriptif détaillé (<http://www.insee.fr>)

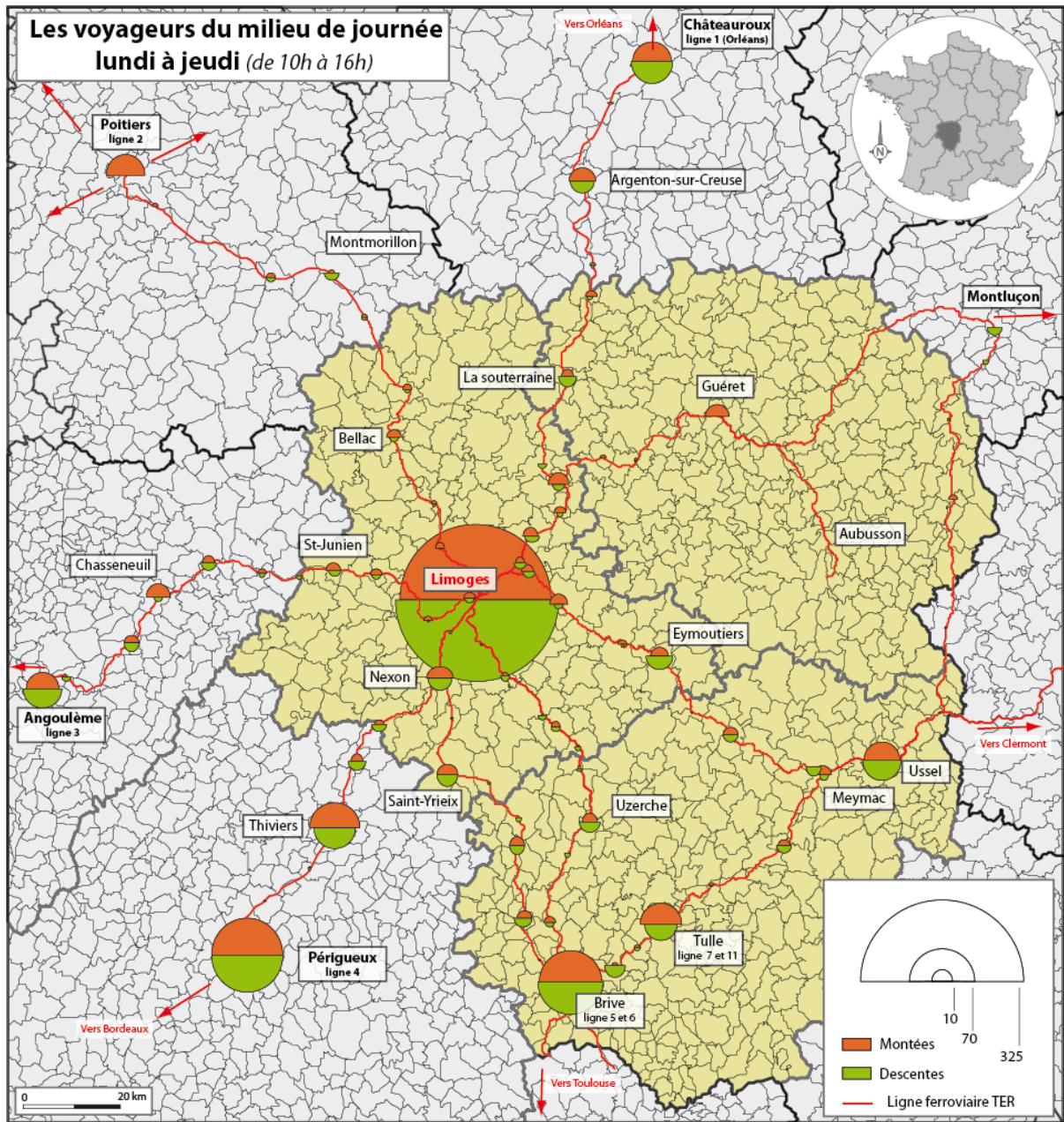
Le rythme quotidien et hebdomadaire

Grâce à la base de données constituée à partir des comptages SNCF, les effectifs de montées et descentes dans chaque gare ont été étudiés. Cette analyse a été conduite en fonction de plages horaires prédéfinies en concertation avec le chef du service *Transports et déplacements*.

Les plages horaires « avant 9h » et « entre 16h et 20h30 » visent à mesurer le flux de voyageurs concernés par des migrations pendulaires. Le flux d'une journée ouvrable « classique » est estimé en moyennant les effectifs du mardi au jeudi.

Les différences notées pour les lundis (matin) et vendredis (fin d'après midi) permettent alors d'estimer le flux supplémentaire lié aux déplacements hebdomadaires. Ces estimations restent toutefois approximatives puisque le vendredi soir, ce flux s'additionne à celui des départs en week-end. Dans le même contexte, les effectifs du samedi matin (avant 14h) et du dimanche (après 16h30) ne permettent pas de dissocier les flux correspondant à des déplacements de la semaine ou du week-end. Par contre, ils permettent d'apprécier les besoins sur ces plages horaires spécifiques. Enfin, toujours dans une logique dissociant les journées ouvrables de celles des fins de semaine, les flux de voyageurs en milieu de journée ont été estimés à partir des effectifs comptabilisés entre 10 et 16h. A titre d'exemple, la figure 43 illustre les résultats concernant cette dernière plage horaire sur la moyenne observée du lundi au jeudi.

Le tableau situé sous la carte opère un classement des 10 gares les plus utilisées (au regard des effectifs de voyageurs) et les plus desservies (nombre de dessertes totales, c'est-à-dire dans les deux directions). En précisant le nombre de départs et d'arrivées pour chaque gare, il est alors possible d'apprécier la fréquentation et de comprendre les directions dominantes sur des horaires spécifiques. La comparaison entre les deux classements permet d'identifier les écarts entre les besoins exprimés par la fréquentation et l'offre exprimée par la desserte.



Valeur moyenne, de 10h à 16h du lundi au jeudi

Source : base référentielle du SIG du Conseil Régional, comptage SNCF 2007 et 2008

Les plus utilisées

Les plus desservies

Gare	Montées	Descentes	Dessertes	Rang	Gare	Montées	Descentes	Dessertes
Limoges Bénédictins	285	327	26	1	Limoges Bénédictins	285	327	26
Périgueux	83	80	4	2	Brive la Gaillarde	62	69	13
Brive la Gaillarde	62	69	13	3	Nexon	13	12	8
Thiviers	43	30	6	4	Ussel	26	30	6
Châteauroux	30	30	3	5	Pompadour	6	6	6
Ussel	26	30	6	6	Objat	4	7	6
Tulle	32	20	5	7	Aubazine - Saint Hilaire	1	10	6
Angoulême	20	30	2	8	Thiviers	43	30	6
Poitiers	28	0	1	9	Meymac	8	3	5
Nexon	13	12	8	10	Tulle	32	20	5

Figure 43 : Distribution spatiale des voyageurs en milieu de journée (lundi à jeudi)

Les prospectives sur les migrations pendulaires quotidiennes

A la demande des commanditaires, la seconde partie a un caractère prospectif sur les déplacements quotidiens aux horaires de *rushs* journaliers. La prospective réalisée ne s'applique donc qu'aux plages horaires « avant 9h » et « entre 16h30 et 20h30 » (moyenne des mardi, mercredi et jeudi) à la recherche d'une clientèle potentielle pour chacune des gares.

Qu'il s'agisse des salariés ou des scolaires, les sources d'informations précisent la commune de résidence et la commune de scolarisation (ou de travail). Nous avons raisonné par ligne ferroviaire : tout d'abord en sélectionnant les parcours dont la commune de destination héberge une gare située sur la ligne ; puis en ne sélectionnant parmi elles, que les mobilités dont la commune de résidence se situe à moins de 10 km d'une gare (différente de la destination). En soustrayant les résultats de la première partie (effectif des montées et descentes dans chaque gare à chaque horaire) à cette estimation de voyageurs pendulaires, il est alors possible de définir un potentiel d'accroissement de la fréquentation en chaque point de desserte du réseau.

Pour définir l'aire d'attractivité de chaque gare (figure 44), un tampon de 10 km autour de la ligne ferroviaire est redécoupé par les polygones de Voronoï (équidistance entre deux points les plus proches). Pour les communes situées « à cheval » sur deux zones d'attractivité, elles ont été rattachées à l'aire qui contenait la plus grande surface bâtie de la commune. Un prorata a d'abord été envisagé, mais l'opération n'était pas pertinente en l'absence d'une cartographie fine des espaces bâtis (seule la BD carto-IGN était mobilisable). Une cartographie isochronique (sur le réseau routier de la BDcarto) permettant d'exploiter ce lissage de la population résidentielle sur les surfaces bâties a également été proposée. Cependant, l'échelle communale est la plus fréquemment utilisée dans le service technique. Puis, l'interopérabilité avec le SIG du Conseil régional a été considérée comme prioritaire, et les indicateurs territoriaux du diagnostic devaient donc préférentiellement être rattachés à l'échelon communal. Cette piste mériterait toutefois d'être explorée dans une logique de restitution à grande échelle, mais n'est envisageable qu'en fonction des informations géographiques mobilisables (cadastres numériques et extraction des parcelles déclarées en bâti résidentiel par exemple). A titre d'exemple, l'application finale du traitement spatial sur la ligne 3 (Limoges-Angoulême) est présentée sur la figure 44.

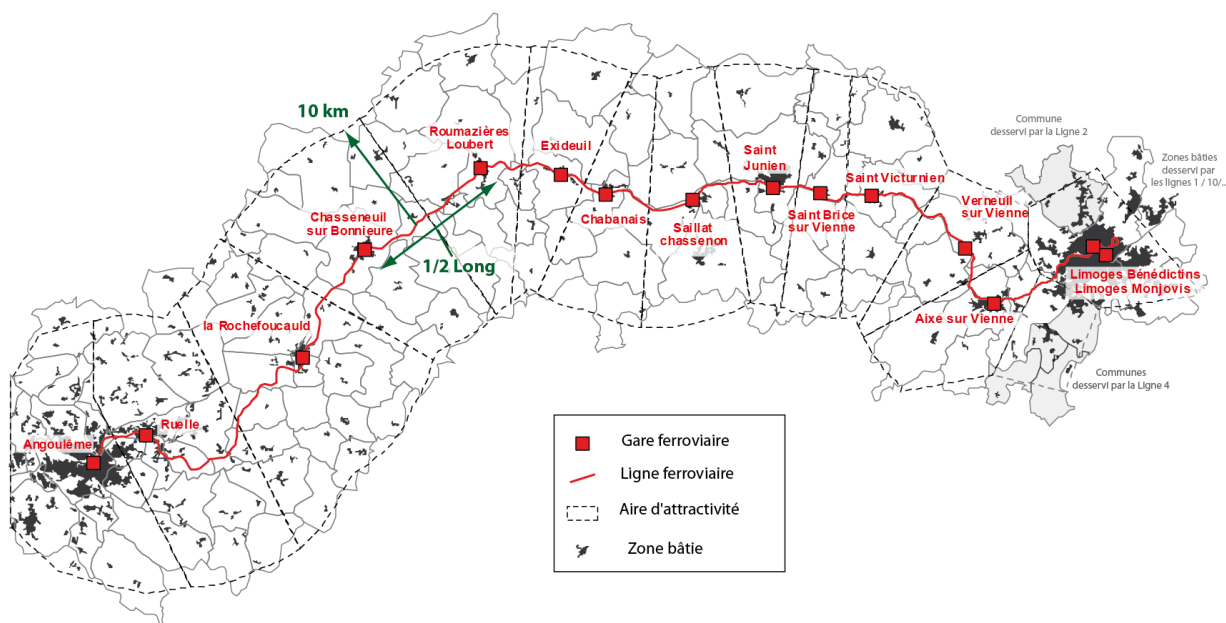


Figure 44 : Délimitation des aires d'attractivités des gares (exemple de la ligne 3)

Le choix d'une analyse à petite échelle spatiale est d'abord le fait d'une demande de diagnostic sur l'ensemble du réseau ferroviaire, dont la continuité pourrait explorer ces questionnements sur les accès locaux aux gares dans les espaces interurbains. L'échelle choisie et le traitement permettant l'identification des aires d'attractivité sont surtout pertinents pour ces communes « interurbaines », mais la méthode trouve ses limites aux terminus de la ligne : à proximité des agglomérations, l'aire d'attractivité de la première desserte est probablement plus sous influence des axes routiers que ferroviaires. De plus, dans le cas de Limoges (comme pour chaque gare desservie par plusieurs lignes), l'influence des autres dessertes doit conduire à raisonner avec les correspondances possibles (traitement que nous n'avons pu opérer dans la présente étude).

La restitution finale de l'analyse est réalisée sous la forme d'un graphique (figure 45) dont la lecture se fait sur deux axes : dans le sens vertical, l'effectif des montées et descentes potentielles peut être comparé à celui des montées et descentes effectives pour chaque gare ; alors que dans le sens horizontal, il est possible d'apprécier la part de chaque gare dans la fréquentation de la ligne. Pour compléter cette logique par ligne, nous avons réalisé une analyse cartographique spécifique prenant en compte plusieurs parcours pour les gares situées sur un nœud ferroviaire : Limoges, Brive, Saint-Suplice Laurière.

LIGNE 3 : LIMOGES - ANGOULEME

Les axes des effectifs différent pour chaque graphique à la demande du service technique Transport du Conseil Régional

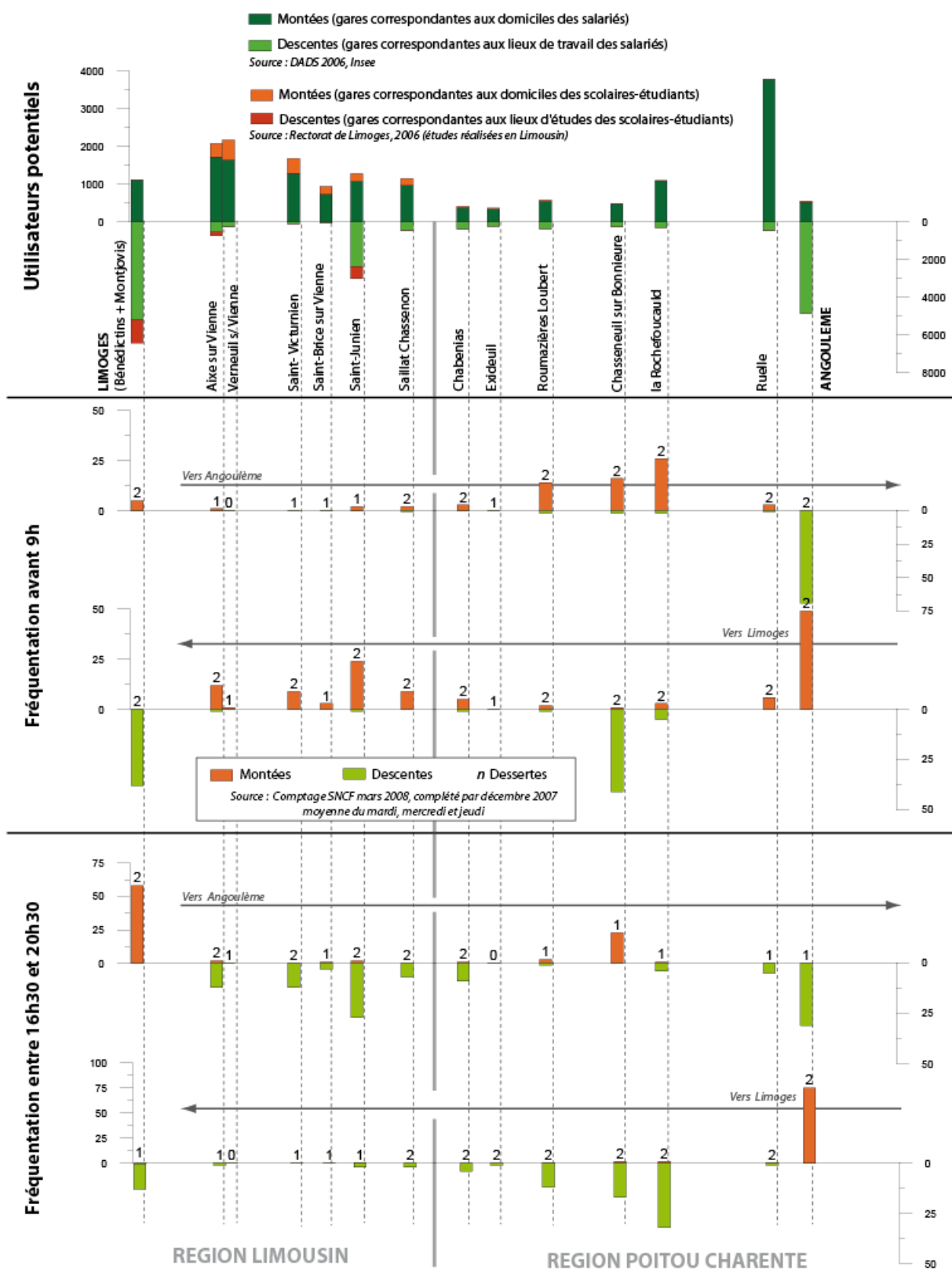


Figure 45 : Comparaison entre les utilisateurs potentiels et les usagers sur les horaires quotidiens de déplacements domicile-travail ou domicile-études, par gare (exemple de la ligne 3)

C. Résultats obtenus

La forme de restitution des résultats répond aux différents besoins exprimés par les commanditaires. Ceux-ci peuvent être regroupés en trois domaines distincts :

- une série de documents (cartographiques et graphiques) représentant le rythme de la fréquentation sur le réseau et le potentiel d'accroissement par gare
- une synthèse insistant sur les résultats inédits (effectifs quotidiens de migrations pendulaires sur les comptages 2008, adéquation entre le nombre de dessertes et le nombre d'usagers, typologie des gares au regard de leurs potentiel d'accroissement, etc.)
- Un transfert de la base de données structurée à partir des comptages de mars 2008 et de décembre 2007, interopérable avec les données du SIG-CR (réseau ferroviaire, gare, DADS, etc.)

1. Le géo-diaporama commenté, une première étape à l'attention des chargés de missions.

Dans un premier temps, nous avons répondu aux besoins des chargés de mission et d'étude qui souhaitent disposer de données détaillées dans une mise en forme facilement lisible. Au fil des réunions, les représentations spatiales répondant aux directives du chef de service (comme par exemple les horaires à étudier prioritairement) ont conduit à élaborer un géo-diaporama à l'image de celui déjà réalisé dans l'étude précédente sur les néo-arrivants en Limousin. La mise en forme a conduit à l'organiser en deux parties : les documents relatifs au rythme de la fréquentation et, le second aux perspectives sur les migrations pendulaires quotidiennes.

La liste exhaustive de ces représentations cartographiques, tabulaires et graphiques vise à fournir une source documentaire structurée capable de transmettre une information détaillée aux différentes échelles de réflexion que les techniciens des services souhaitent consulter ponctuellement : effectif de voyageurs sur des plages horaires précises, sur l'ensemble du réseau, sur une ligne en particulier, jusqu'aux détails du nombre de dessertes, montées et descentes d'une des gares.

Entre le mois de février 2009 et le mois d'avril 2010, six réunions de travail ont permis un suivi de l'avancement, notamment en précisant les représentations spatiales les plus adaptées aux besoins des chargés d'étude, qui se sont donc affinées au fil des l'exploitation des données. L'approche prospective explicitée dans *l'essai de synthèse régionale* (partie suivante) n'est un prolongement souhaité que par les chargés d'étude et de mission du service technique.

Le directeur du service *Transports et déplacements* n'a participé qu'à une seule d'entre elles a mi-parcours (septembre 2009) : à cette période, nous produisions les documents synthétiques du géo-diaporama commenté et il souhaitait les valider tant du point de vue des représentations spatiales que sur la définition des « plages horaires » utilisées pour conduire les analyses.

Les documents élaborés sur le rythme de la fréquentation

La production cartographique a été fructueuse et les représentations spatiales diversifiées. Les quelques exemples présentés dans ce doctorat sont issus des documents analytiques de l'étude originale (Boumédiène, 2009). La cartographie sur l'ensemble du réseau a permis l'élaboration de représentations spatiotemporelles des flux, et nous les avons systématiquement accompagnées d'un tableau distinguant les 10 gares les plus fréquentées et les plus desservies.

Ces fiches analytiques (par plage horaire) ont été agencées en vis-à-vis de sorte à représenter les flux théoriques « aller-retour » : les flux du matin face aux flux de fin d'après midi d'un jour ouvrable, flux du lundi matin face aux flux du vendredi en fin d'après midi, etc. (figure 46 à figure 49). De nombreuses combinaisons ont ainsi été testées et discutées.

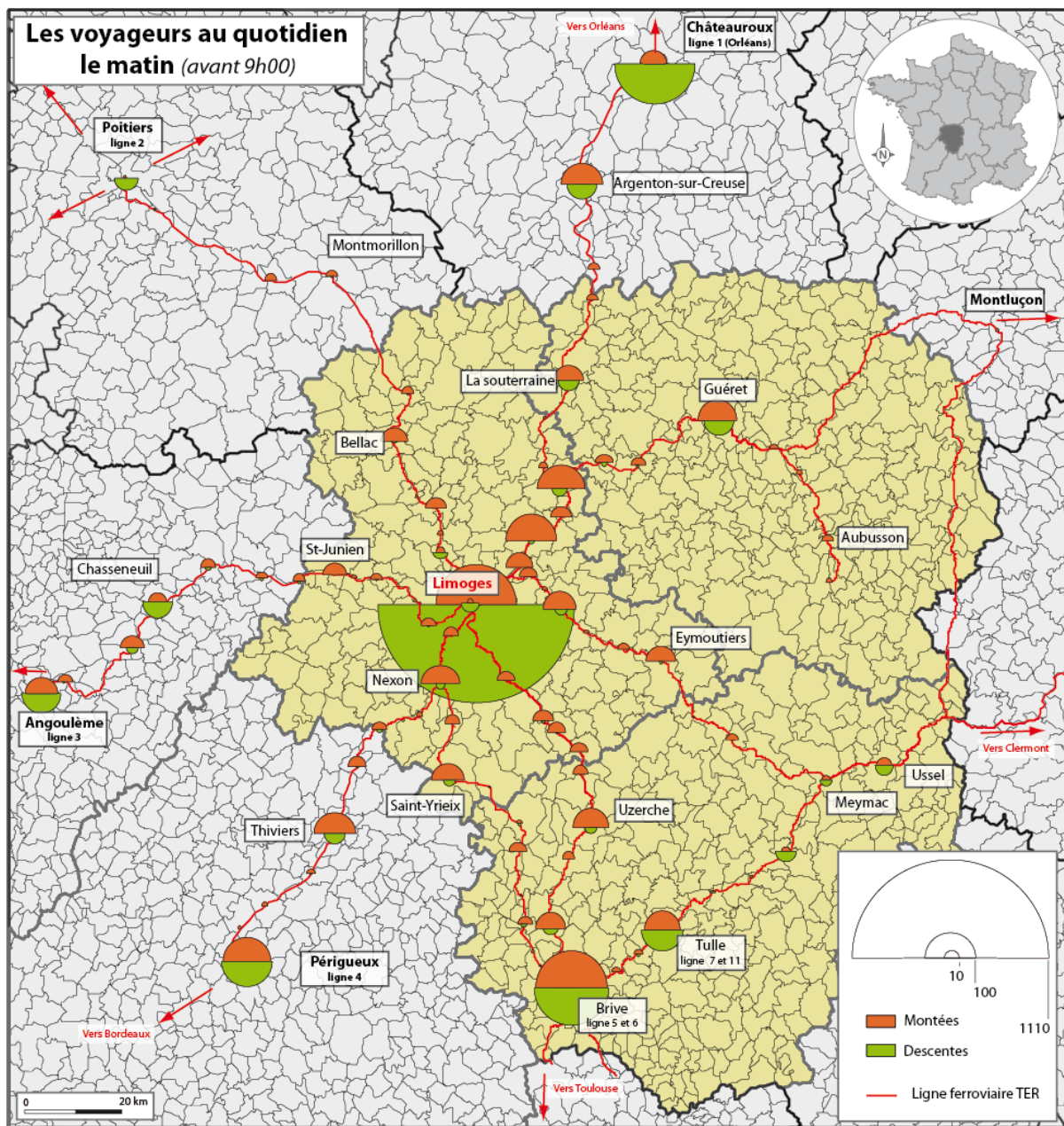
Les échelles des abaques peuvent différer d'une carte à l'autre. Cette « entorse » faite à une logique cartographique de cartes initialement comparatives résulte de l'insistance des chargés de mission qui souhaitaient privilégier la lecture d'effectifs en valeur absolue au sein du réseau ferré sur une même plage horaire. La synthèse régionale conduite dans un second temps s'appuie par contre sur l'analyse comparée des déplacements en fonction de leur périodicité (comparaison des cartes de différentes plages horaires à différents jours de la semaine).

Parmi les 16 documents établis pour cette première partie du géo-diaporama, neuf d'entre eux étaient particulièrement guidés par les questionnements des chargés de missions. Les logiques de lecture des documents sont présentées dans le tableau 7.

L'INTERPRETATION DES MIGRATIONS PENDULAIRES			
Périodicité des migrations	Horaire <i>aller</i>	Horaire <i>retour</i>	Questionnement principal du service technique
Quotidienne	Moyenne des mardi, mercredi et jeudi avant 9 heures	<i>Idem</i> entre 16 h 30 et 20 h 30	Représentation des flux un jour ouvrable caractéristique
Hebdomadaire	le lundi avant 9h	le vendredi entre 16 h 30 et 20 h 30	Flux expliqués par les déplacements scolaires, étudiants et professionnels, et dans une moindre mesure par des déplacements privés de fin de semaine
Hebdomadaire	le samedi jusque 14 h	le dimanche entre 16h30 et 20 h 30	Flux dominés par les déplacements privés et dans une moindre mesure les migrations professionnelles
LES DEPLACEMENTS DU MILIEU JOURNEE			
jour	horaire	Questionnement principal du service technique	
Moyenne des mardi, mercredi et jeudi	entre 10 h et 16 h	Flux de déplacements privés et professionnels	
le vendredi	entre 10 h et 16 h	Flux des migrations hebdomadaires anticipées	
le dimanche	entre 10 h et 16 h	Flux des visites privées, du tourisme régional, et des migrations hebdomadaires anticipées	

Tableau 7 : Logique d'interprétation des cartes quantitatives sur les flux dans le réseau TER

Le mini-atlas constitué par ces premiers documents commentés est venu compléter le *Tableau de bord* dressé au sein du service technique (Bouillaguet, 2009b). Ces représentations spatiales permettaient notamment des analyses multiples sur plusieurs plages horaires en ayant une vision globale sur l'ensemble du réseau ferroviaire. Ces premières analyses étaient motivées par la détection de *rushs* (pics d'activités significatifs au regard du régime « normal »), mais il fallait ensuite raisonner sur un potentiel, et donc sur l'observation des écarts entre les flux observés et les flux potentiels.



Arrivée avant 9h, moyenne du [mardi, mercredi et jeudi]

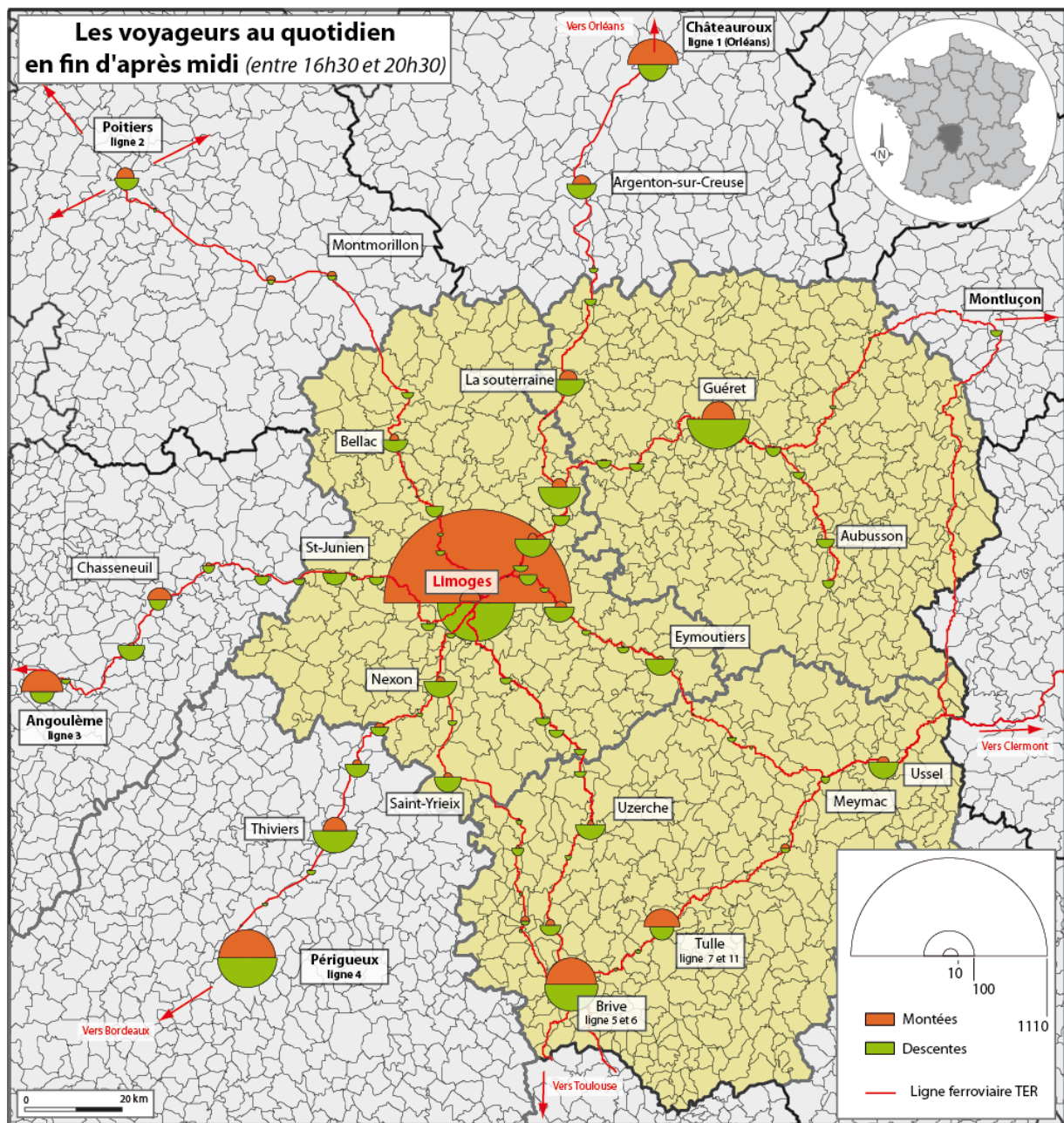
Source : base référentielle du SIG du Conseil Régional, comptage SNCF 2007 et 2008

Les plus utilisées

Les plus desservies

Gare	Départs	Arrivées	Dessertes	Rang	Gare	Départs	Arrivées	Dessertes
Limoges Bénédictins	232	1094	36	1	Limoges Bénédictins	232	1094	36
Brive la Gaillarde	186	218	15	2	Brive la Gaillarde	186	218	15
Châteauroux	37	229	4	3	Saint Sulpice Laurière	91	15	12
Périgueux	138	104	7	4	la Souterraine	44	22	8
Tulle	64	76	5	5	Ambazac	109	4	8
Argenton sur Creuse	78	44	4	6	Nexon	63	5	8
Angoulême	49	69	4	7	Périgueux	138	104	7
Guéret	72	44	5	8	Thiviers	83	26	7
Ambazac	109	4	8	9	Allassac	34	13	6
Thiviers	83	26	7	10	Saint Yrieix	50	8	6

Figure 46 : Distribution spatiale des voyageurs du matin d'un jour ouvrable classique



Départ après 16h30 et arrivée avant 20h30, moyenne du [mardi, mercredi et jeudi]

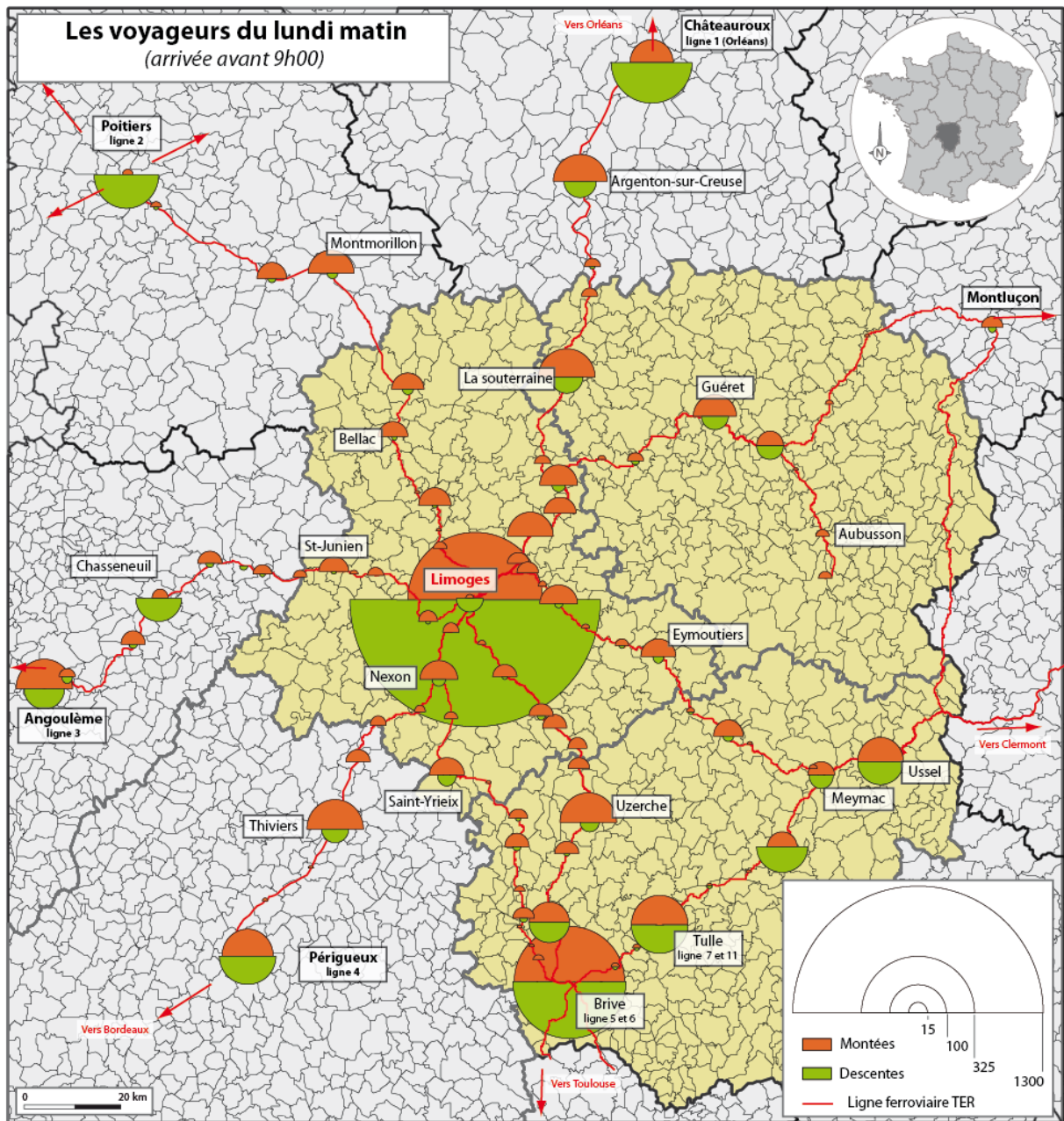
Source : base référentielle du SIG du Conseil Régional, comptage SNCF 2007 et 2008

Les plus utilisées

Les plus desservies

Gare	Départs	Arrivées	Dessertes	Rang	Gare	Départs	Arrivées	Dessertes
Limoges Bénédictins	1033	226	32	1	Limoges Bénédictins	1033	226	32
Périgueux	129	140	5	2	Saint Sulpice Laurière	14	77	11
Brive la Gaillarde	104	114	11	3	Brive la Gaillarde	104	114	11
Guéret	47	147	6	4	Nexon	5	54	9
Châteauroux	105	40	5	5	Ambazac	6	55	8
Thiviers	32	86	5	6	Souterraine	17	47	6
Angoulême	75	31	3	7	la Coquille	7	34	6
Saint Sulpice Laurière	14	77	11	8	Bussière Galant	4	20	6
Tulle	58	33	4	9	Guéret	47	147	6
La Souterraine	17	47	6	10	Saint Sébastien	0	10	5

Figure 47 : Distribution spatiale des voyageurs en fin d'après midi d'un jour ouvrable classique



Lundi matin avant 9h

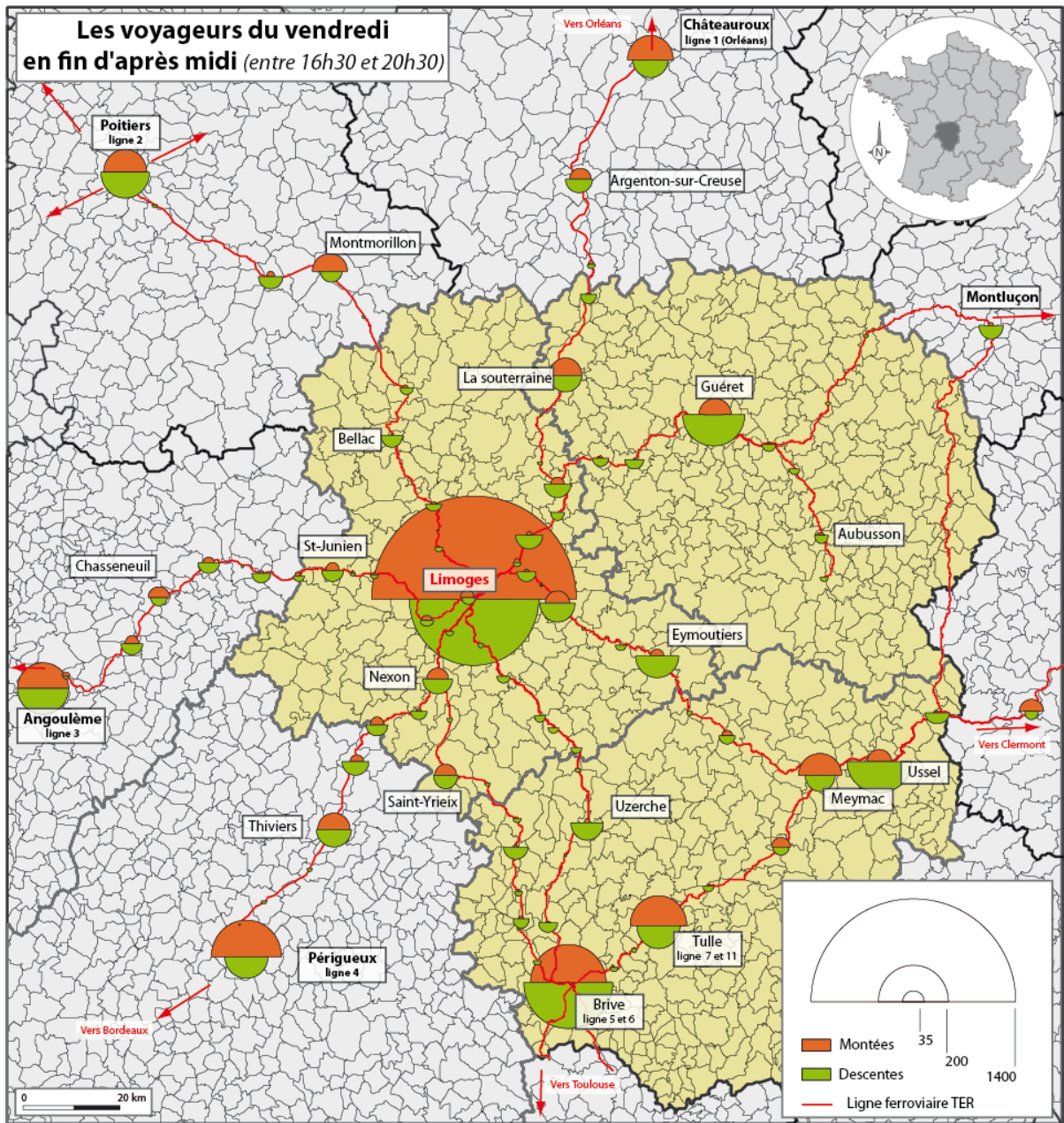
Source : base référentielle du SIG du Conseil Régional, comptage SNCF 2007 et 2008

Les plus utilisées

Les plus desservies

Gare	Départs	Arrivées	Dessertes	Rang	Gare	Départs	Arrivées	Dessertes
Limoges Bénédictins	445	1311	35	1	Limoges Bénédictins	445	1311	35
Brive la Gaillarde	309	324	16	2	Brive la Gaillarde	309	324	16
Châteauroux	64	182	4	3	Saint Sulpice Laurière	51	9	10
Tulle	99	98	5	4	La Souterraine	100	38	8
Périgueux	81	98	5	5	Uzerche	101	13	8
Angoulême	99	58	3	6	Allassac	53	58	7
Ussel	68	71	7	7	Nexon	52	7	7
La Souterraine	100	38	8	8	Meymac	29	22	7
Argenton sur Creuse	95	39	4	9	Ussel	68	71	7
Poitiers	5	128	3	10	Ambazac	69	0	6

Figure 48 : Distribution spatiale des voyageurs du lundi matin (arrivés avant 9h)



Vendredi entre 16h30 et 20h30

Source : base référentielle du SIG du Conseil Régional, comptage SNCF 2007 et 2008

Les plus utilisées

Les plus desservies

Gare	Départs	Arrivées	Dessertes	Rang	Gare	Départs	Arrivées	Dessertes
Limoges Bénédictins	1434	642	36	1	Limoges Bénédictins	1434	642	36
Brive la Gaillarde	262	332	12	2	Saint Sulpice Laurière	12	45	12
Périgueux	215	102	4	3	Brive la Gaillarde	262	332	12
Tulle	154	100	4	4	Nexon	27	46	10
Angoulême	123	127	5	5	Eygurande - Merlines	1	34	10
Guéret	55	177	8	6	Ambazac	4	43	8
Ussel	32	189	7	7	Meymac	99	51	8
Poitiers	100	120	4	8	Guéret	55	177	8
Châteauroux	110	69	6	9	Ussel	32	189	7
Meymac	99	51	8	10	Bussière Galant	13	30	7

Figure 49 : Distribution spatiale des voyageurs du vendredi soir (entre 16h30 et 20h30)

Les documents élaborés sur le potentiel d'accroissement de la fréquentation aux horaires de migrations quotidiennes pendulaires

Cette seconde série de documents devait permettre d'identifier les gares présentant un nombre d'usagers anormalement bas si on le compare au nombre des résidents dans un rayon de 10 km qui travaillent (ou étudient) dans une gare desservie par la même ligne. La figure 50 présente les résultats obtenus pour la ligne interrégionale la plus efficiente (Limoges-Périgueux). La figure 51 concerne la ligne Limoges-Montluçon et témoigne du bon fonctionnement d'une liaison intra régionale (Limoges-Guéret) mais qui ne présente plus un bilan si positif dans sa dimension interrégionale (jusqu'à Montluçon). Enfin, la figure 52 propose une lecture pour une ligne transversale du réseau (Brive-Ussel). Une attention particulière a été portée sur les flux entre Brive et Tulle, deux villes corrésiennes distantes d'une trentaine de kilomètres. Le document final de l'étude (Boumédiène, 2009) présentait neuf planches graphiques (une par ligne ferroviaire) à l'image de ces quelques exemples. Les échanges avec les chargés de mission ont conduit une fois de plus à une « entorse » dans une démarche comparative : les axes des ordonnées diffèrent pour chaque graphique afin de privilégier l'observation au sein du parcours. Incontestablement, leurs souhaits visaient la confection d'un document dans un format « papier » présentant les informations sous une forme analytique, tout en gardant les caractéristiques d'un catalogue de données. .

Ces graphiques ne permettent pas d'apprécier les effets de polarisation sur les nœuds ferroviaires. Des représentations spatiales permettant de les étudier (pour Limoges et pour Brive) ont donc été réalisées. Les figures 53 et 54 sont des exemples extraits de l'étude. Cette cartographie complémentaire permet d'identifier les « pressions » exercées pendant les horaires de forte activité : il s'agit donc d'identifier les gares pour lesquelles le nombre de voyageurs est important tandis que le nombre de dessertes est faible, ou inversement.

Par exemple, l'attention des chargés de mission s'est portée un moment sur les gares présentant de petits effectifs malgré deux dessertes sur les horaires spécifiés (une majorité). La réflexion sur la fréquence de ces dessertes à la fréquentation optimisable (le service étant déjà assuré) sera reprise dans les perspectives qui se dessinent sur la figure 57 : la gare témoigne-t-elle d'un inconvénient structurel (à identifier) ou est-elle considérée comme « un territoire d'actions ?

LIGNE 4 : LIMOGES - PERIGUEUX

Les axes des effectifs diffèrent pour chaque graphique à la demande du service technique Transport du Conseil Régional

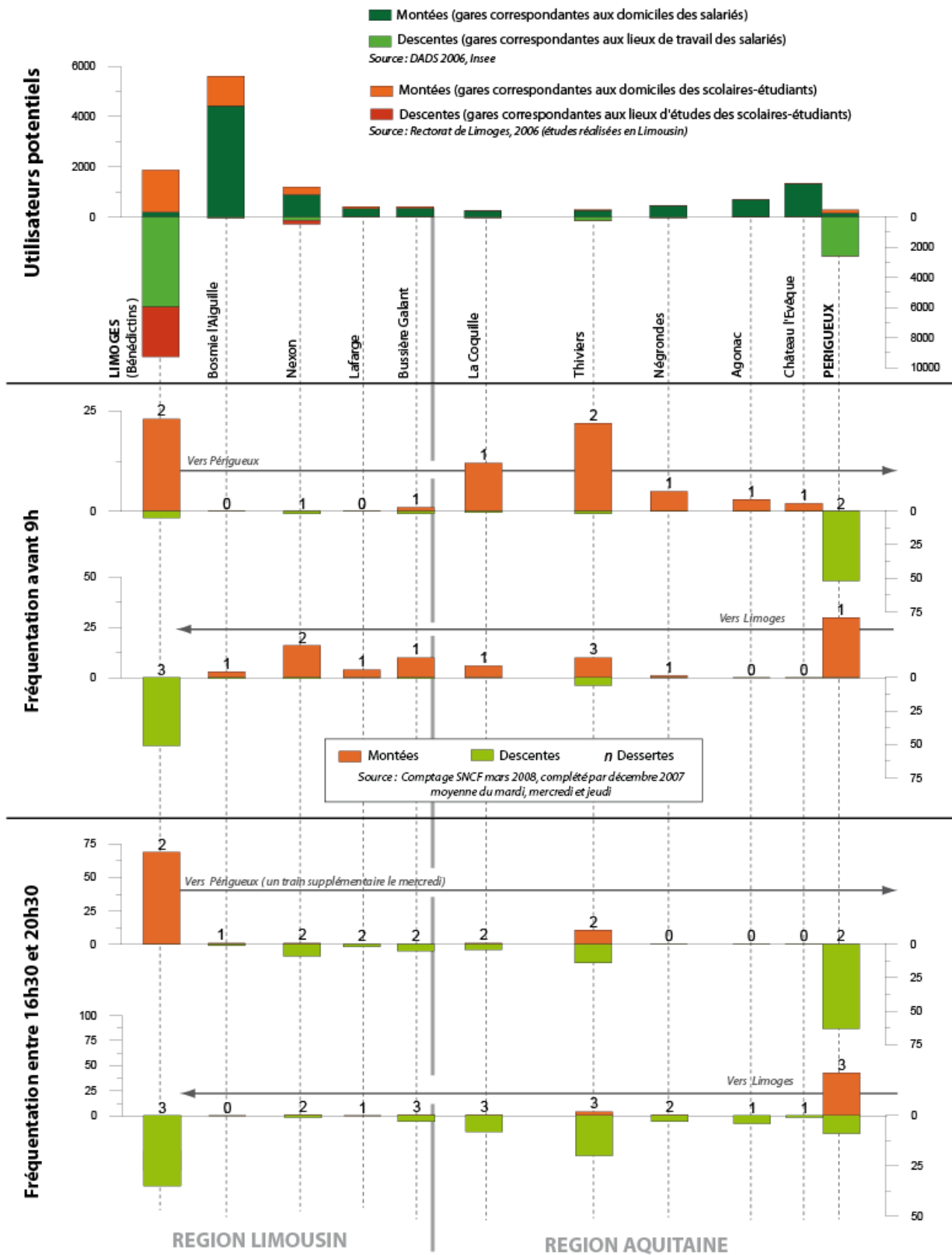


Figure 50 : Ecart entre les utilisateurs potentiels et la fréquentation des gares pour les déplacements pendulaires quotidiens (salariés et scolaires-étudiants) de la ligne 4

LIGNE 10 : LIMOGES - MONTLUÇON (via Guéret)

Les axes des effectifs diffèrent pour chaque ordonnée des graphiques à la demande du service technique Transport du Conseil Régional

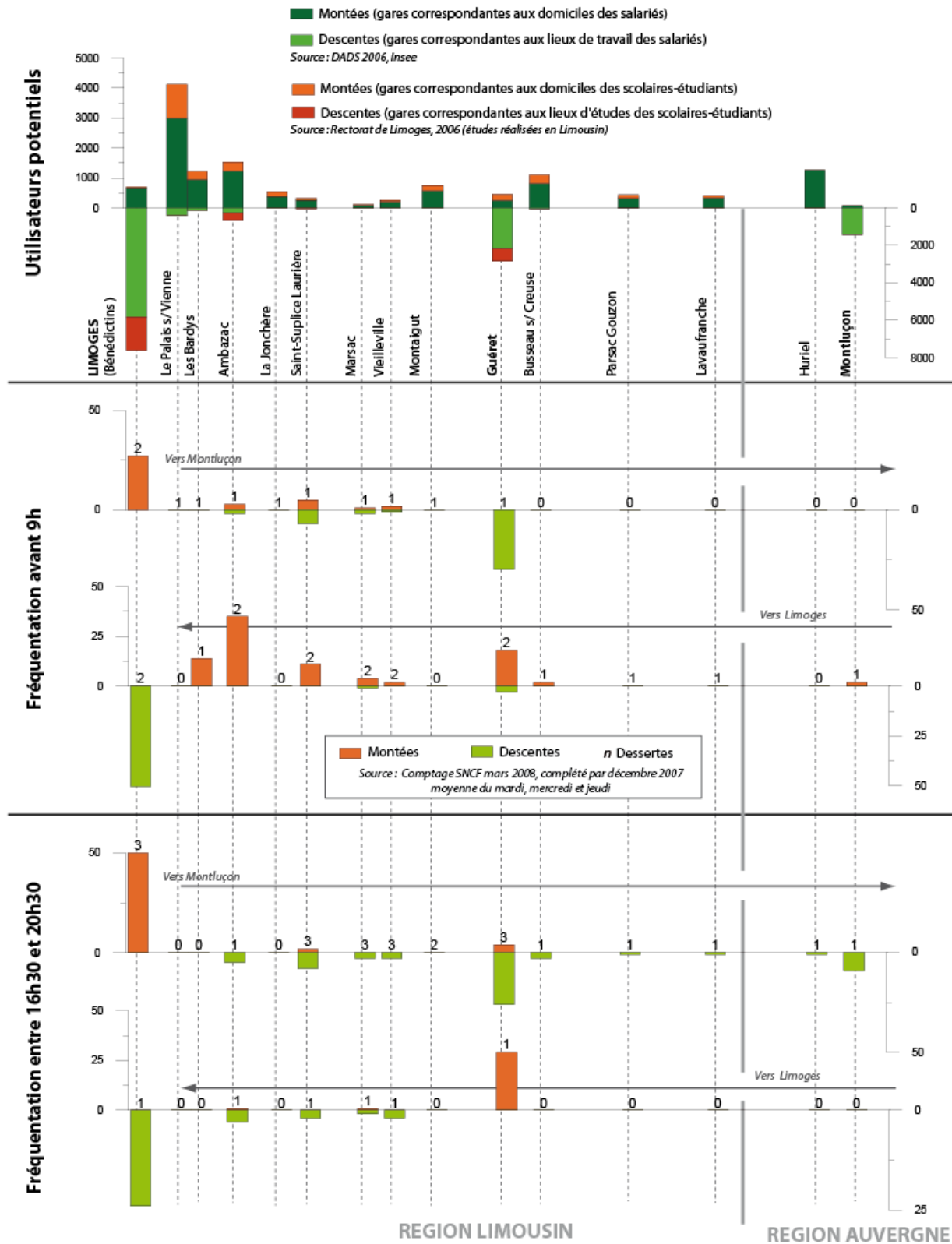


Figure 51 : Ecarts entre les utilisateurs potentiels et la fréquentation des gares pour les déplacements pendulaires quotidiens (salariés et scolaires-étudiants) de la ligne 10

LIGNE 11 : BRIVE - USSEL (via Tulle)

Les axes des effectifs diffèrent pour chaque ordonnée des graphiques à la demande du service technique Transport du Conseil Régional

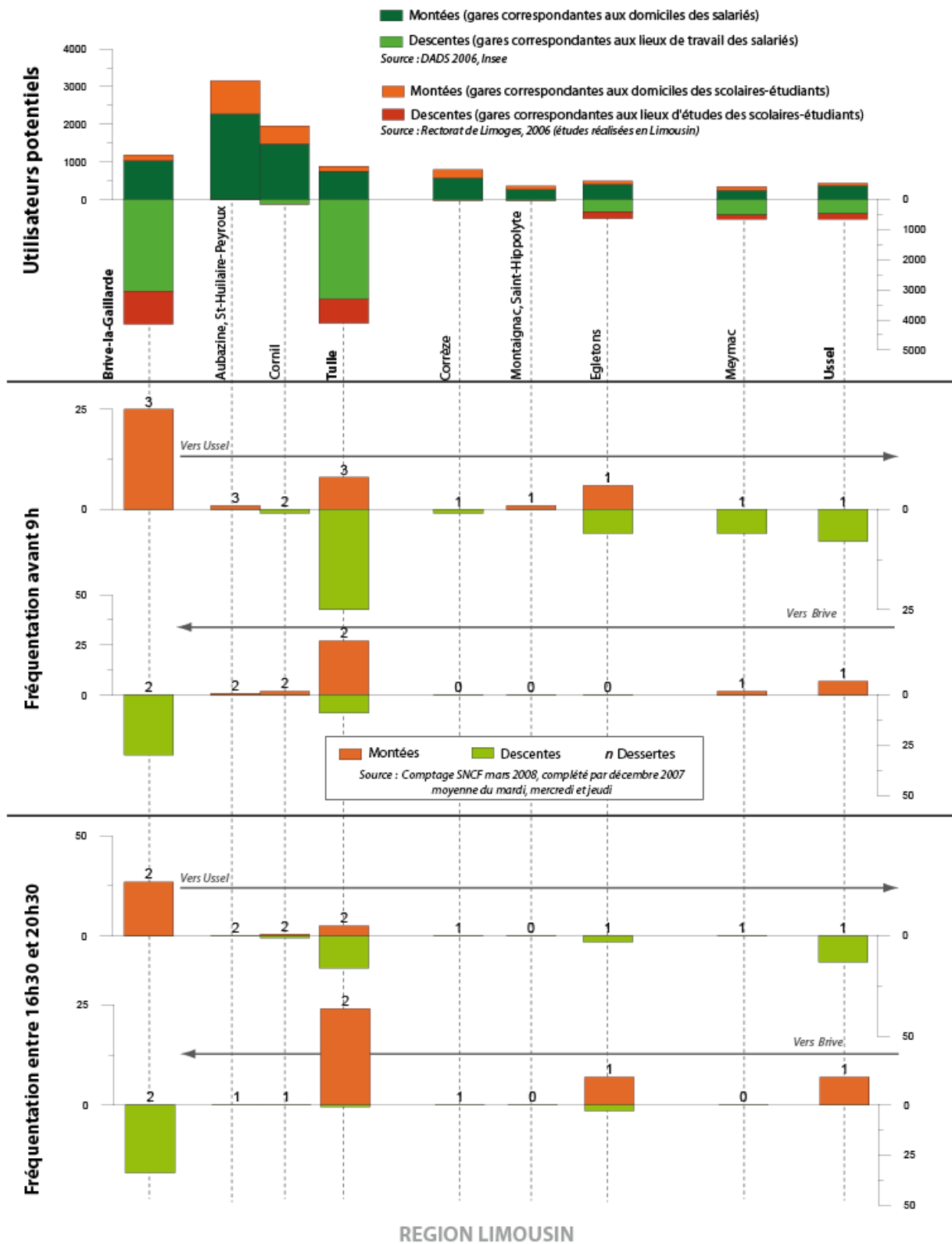
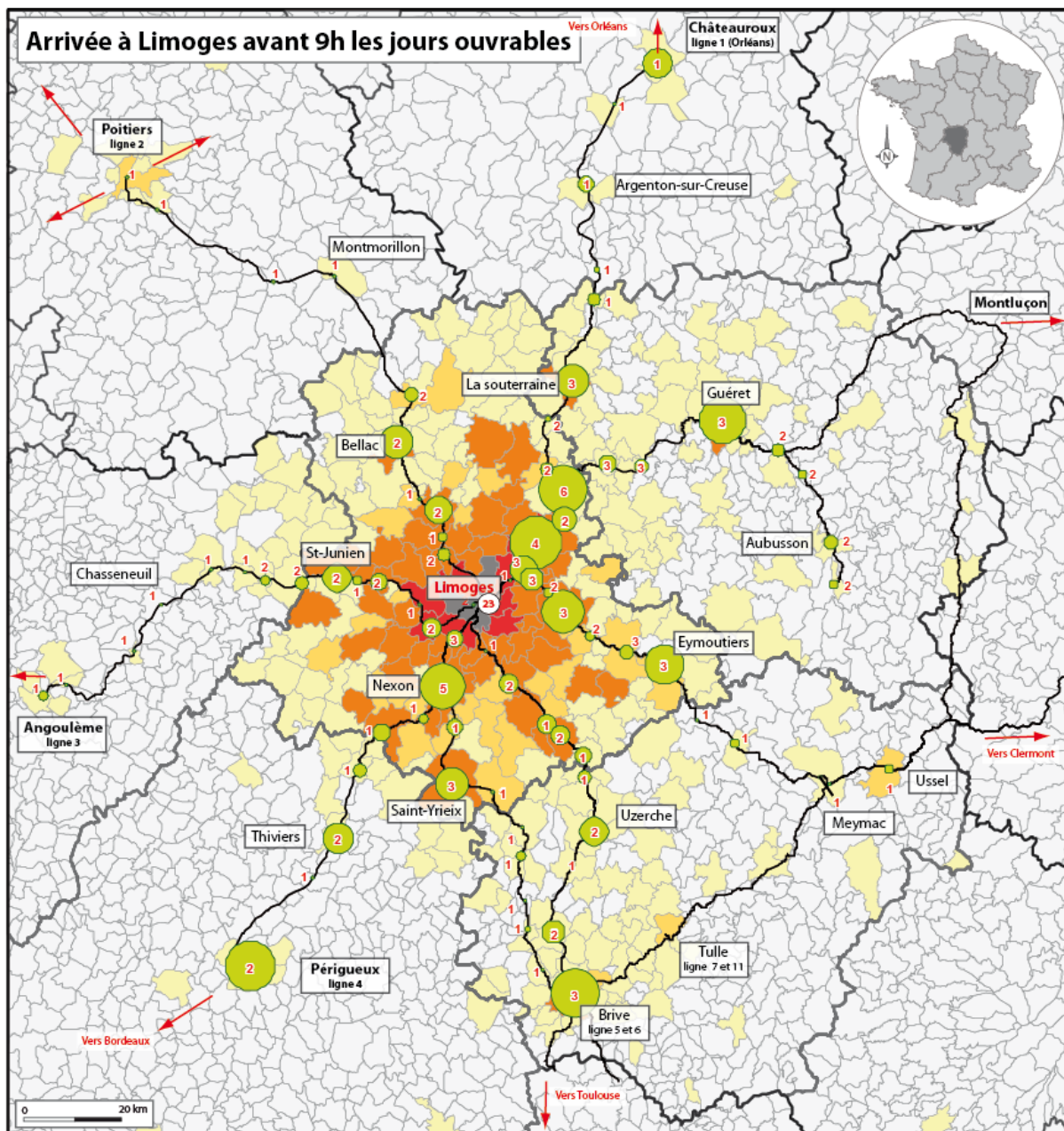


Figure 52 : Ecart entre les utilisateurs potentiels et la fréquentation des gares pour les déplacements pendulaires quotidiens (salariés et scolaires-étudiants) de la ligne 11



Moyenne des utilisateurs des mardi, mercredi et jeudi

Source : base référentielle du SIG du Conseil Régional, comptage SNCF 2007 et 2008, DADS 2006

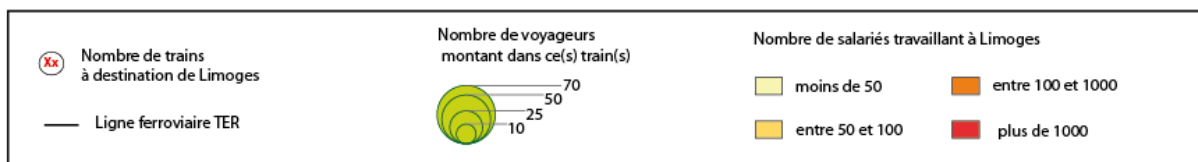
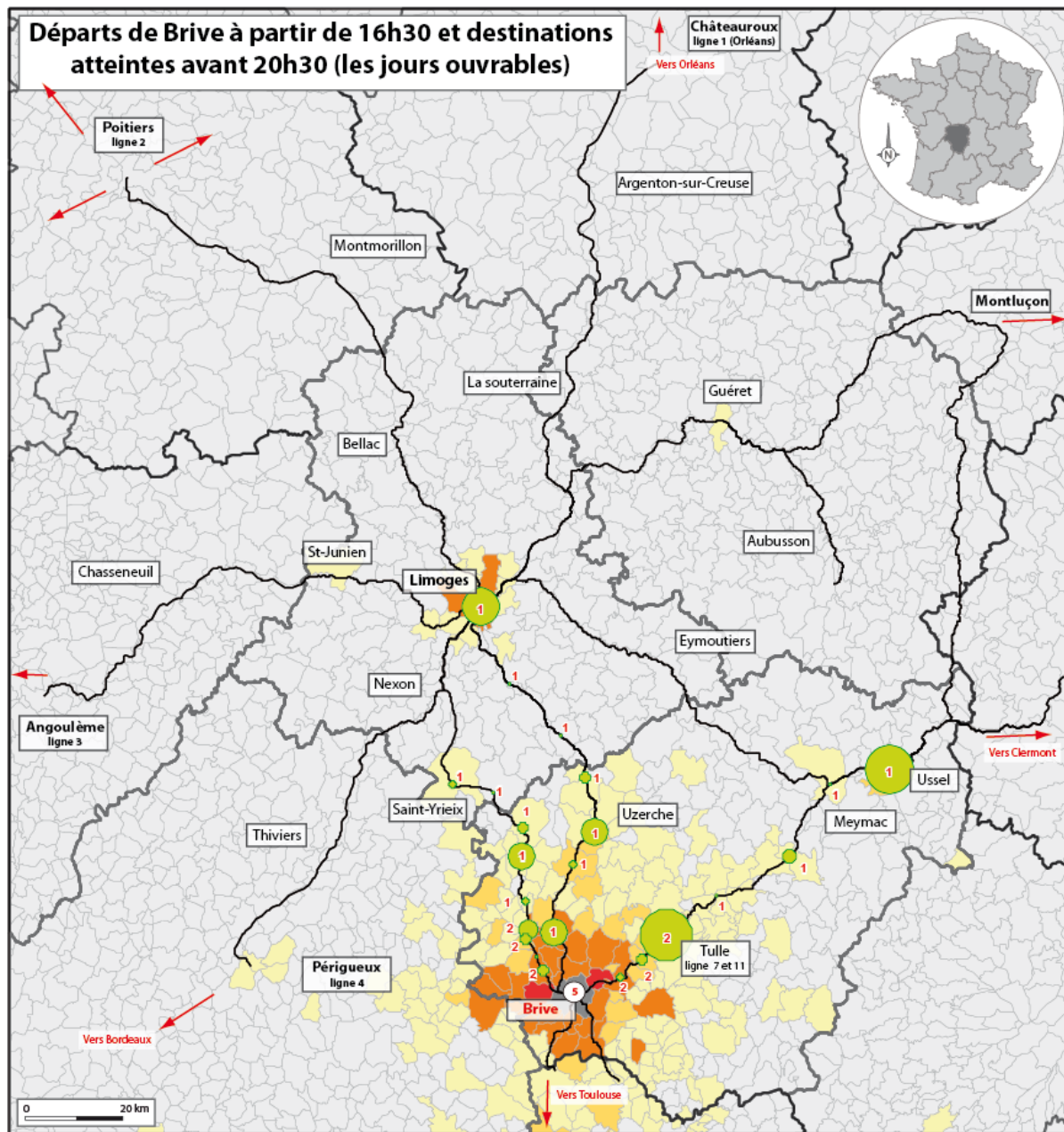


Figure 53 : Fréquentation à destination de Limoges, le matin avant 9h, les jours ouvrables « classiques »



Moyenne des utilisateurs des mardi, mercredi et jeudi

Source : base référentielle du SIG du Conseil Régional, comptage SNCF 2007 et 2008, DADS 2006

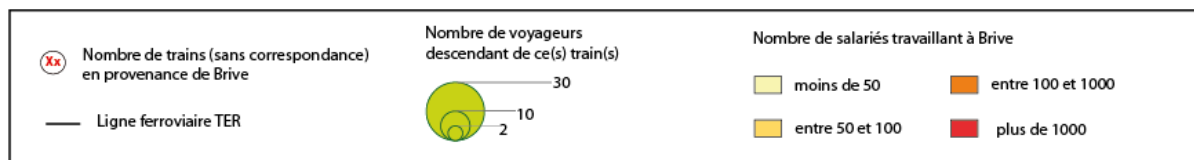


Figure 54 : Fréquentation en provenance de Brive, les fins d'après midi (16h30 à 20h30), les jours ouvrables « classiques »

2. Essai de synthèse régionale

Le catalogue de données (carto)graphiques de la partie précédente permet aux chargés de mission d'accéder aux informations précises dont ils ont besoin dans des cas d'études particuliers (approches quantitatives détaillées par gare ou par ligne sur des plages horaires définies). L'exhaustivité des documents produits a permis de répondre avec le plus de précision possible aux questions posées initialement sur la fréquentation des voyageurs : *où et quand* ? L'essai de synthèse régionale que nous proposons ensuite vise à dresser les caractéristiques principales du fonctionnement du réseau ferré TER (sans pour autant reprendre une présentation de l'infrastructure, cf figure 41). Cette synthèse concerne les thématiques abordées dans ce travail, et principalement le volume de voyageurs en fonction de la périodicité des déplacements. Les indicateurs utilisés visent à mesurer l'efficacité des dessertes (nombre de voyageurs à chaque desserte pour chaque train), à diagnostiquer les déséquilibres spatiaux dans la fréquentation, et enfin à réaliser une analyse permettant d'engager une réflexion sur l'optimisation du service (dans le but d'accroître la fréquentation) pour les migrations quotidiennes pendulaires.

Aperçu des lignes et des gares les plus utilisées

Sur une durée d'une semaine, environ 35 000 voyages (équivalent Aller-Retour) sont effectués sur le réseau ferré TER Limousin, dont 84% pendant les cinq jours ouvrables (figure 55). Une journée ouvrable dite « classique » (mardi, mercredi ou jeudi) avoisine 15% du trafic hebdomadaire (soit environ 5200 voyageurs) ; tandis que les deux journées privilégiées pour les déplacements hebdomadaires témoignent d'une augmentation significative (+ 2% le lundi et + 7% le vendredi). Les deux journées de fin de semaine concernent 5 fois moins de voyages que les 5 jours ouvrables puisqu'environ 5300 voyages sont effectués durant le week-end.

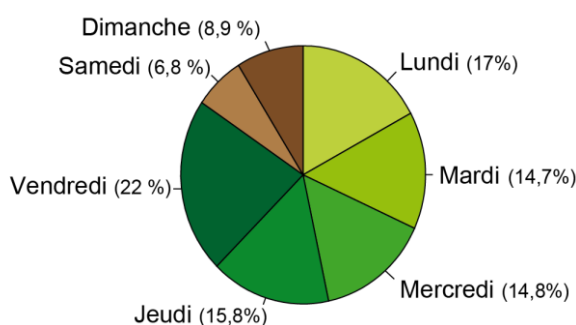


Figure 55 : Fréquentation hebdomadaire sur le réseau ferré TER Limousin

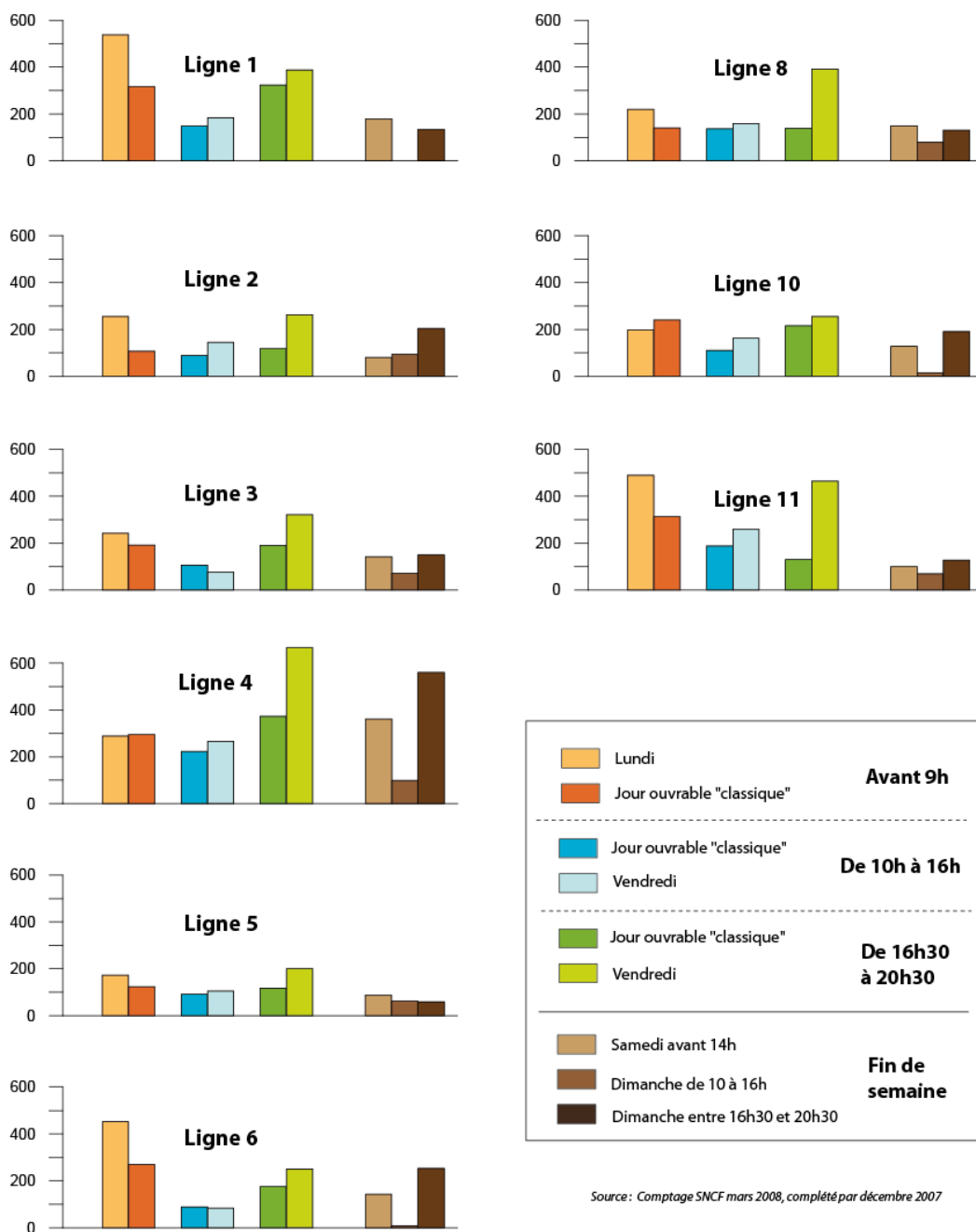


Figure 56 : Distribution des voyageurs par ligne sur les horaires hebdomadaires de plus forte activité

Globalement, les lignes interrégionales (1, 2, 3 et 4) témoignent d'une fréquentation supérieure aux lignes infrarégionales (5, 6, 8 et 10), à l'exception de la ligne 11 (Brive-Ussel desservant Tulle) qui égale les premières sur la période des jours ouvrables, mais présente une fréquentation significativement inférieure sur les deux jours de fin de semaine (figure 56).

Au départ de Limoges, les destinations les plus prisées sont les gares de Périgueux et de Brive (tableau 8). Si les volumes de voyageurs sont comparables (environ 2400 voyageurs les jours ouvrables et entre 400 et 500 durant la fin de semaine), la gare de Périgueux est deux fois moins desservie que Brive, ce qui lui confère la meilleure efficacité du service avec plus de 45 voyageurs/train les jours ouvrables et plus de 61 voyageurs/train les jours de fin de semaine. Cette efficacité de fin de semaine est, pour une part non négligeable, la conséquence des départs le dimanche soir pour les déplacements professionnels hebdomadaires à destination de Paris, pour lesquels il n'existe pas de correspondance matinale (le lundi) permettant d'arriver suffisamment tôt (phénomène lisible sur la figure 56).

Nota : l'efficacité est appréciée en fonction du nombre moyen de voyageurs qui montent ou descendent pour chaque gare

Gare	Nb dessertes	MD*	Nb voyageurs**	Moyenne du nombre de voyageurs pour 1 desserte
Périgueux	105	4796	2398	45,68
Châteauroux	68	2548	1274	37,47
Limoges Bénédictins	538	19 601	9801	36,43
Angoulême	47	1472	736	31,32
Poitiers	29	832	416	28,69
Guéret	68	1697	849	24,96
Brive la Gaillarde	212	4742	2371	22,37

*(montées + descentes) **MD / 2

Tableau 8 : les 7 gares présentant les meilleures efficacités (lundi au vendredi)

Les effectifs de voyageurs de/vers Poitiers sur le réseau ferré TER Limousin sont les plus faibles de ce top 6 pour les jours ouvrables. Les travaux de réfection de la voie qui ont lieu depuis 2006 représentent un désagrément de voyage qui s'exprime particulièrement sur la durée du trajet jusqu'à Limoges.

Ce désagrément s'ajoute à une fluctuation des horaires nécessaire au phasage des travaux qui ne se sont clôturés qu'en mars 2010. Ces mauvais résultats pendant les jours ouvrables expliquent peut être aussi que sur les déplacements de fin de semaine, Poitiers n'est qu'à la seconde place du point de vue de l'efficacité de la desserte avec 39 voyageurs/train (tableau 9).

Nota : l'efficacité est appréciée en fonction du nombre moyen de voyageurs qui montent ou descendent à chaque desserte

Gare	Nb dessertes	MD*	Nb voyageurs**	Moyenne du nombre de voyageurs
				pour 1 desserte
Périgueux	18	1103	552	61,28
Poitiers	11	436	218	39,64
Châteauroux	9	325	163	36,11
Limoges Bénédicins	124	3849	1925	31,04
Angoulême	12	280	140	23,33
Guéret	17	321	161	18,88
Brive la Gaillarde	54	818	409	15,15

*(montées + descente) **MD /2

Tableau 9 : les 7 gares présentant les meilleures efficacités (samedi et dimanche)

Châteauroux est une gare qui dénombre moins de la moitié des effectifs observés à Périgueux, soit 1274 voyageurs les jours ouvrables et 163 les fins de semaines ; mais considérant le nombre de trains, cette gare est en 2^{ème} place quant à l'efficacité les jours ouvrables.

Enfin, les gares d'Angoulême et de Guéret se positionnent au 4^{ème} et au 6^{ème} rang les jours ouvrables, et au 5^{ème} et 6^{ème} rang les fins de semaines.

Pour terminer, soulignons que si Brive dénombre un nombre d'utilisateurs important (2 371 les jours ouvrables et 409 les fins de semaines), cette gare est connectée à 3 lignes du réseau (5,6, et 11) et présente, par conséquent, un nombre de dessertes important. Ainsi, en termes d'efficacité, elle se place au 7^{ème} rang.

Fréquentation en fonction de la périodicité des déplacements

Les souhaits émis par les chargés de mission du service *Transports et déplacements*, dans la conception de leur outil d'aide à la décision, concernaient tant les données quantitatives que qualitatives. La synthèse régionale a donc été conçue en fonction de déplacements catégorisés selon leurs périodicités. Les 4 types de déplacements identifiés sont présentés sur la figure 57. Cette carte simplifie les profils des utilisateurs afin d'apprécier la part des voyageurs quotidiens (en ne comptant qu'un Aller/Retour) par rapport aux voyageurs qui effectuent des déplacements hebdomadaires ou occasionnels.

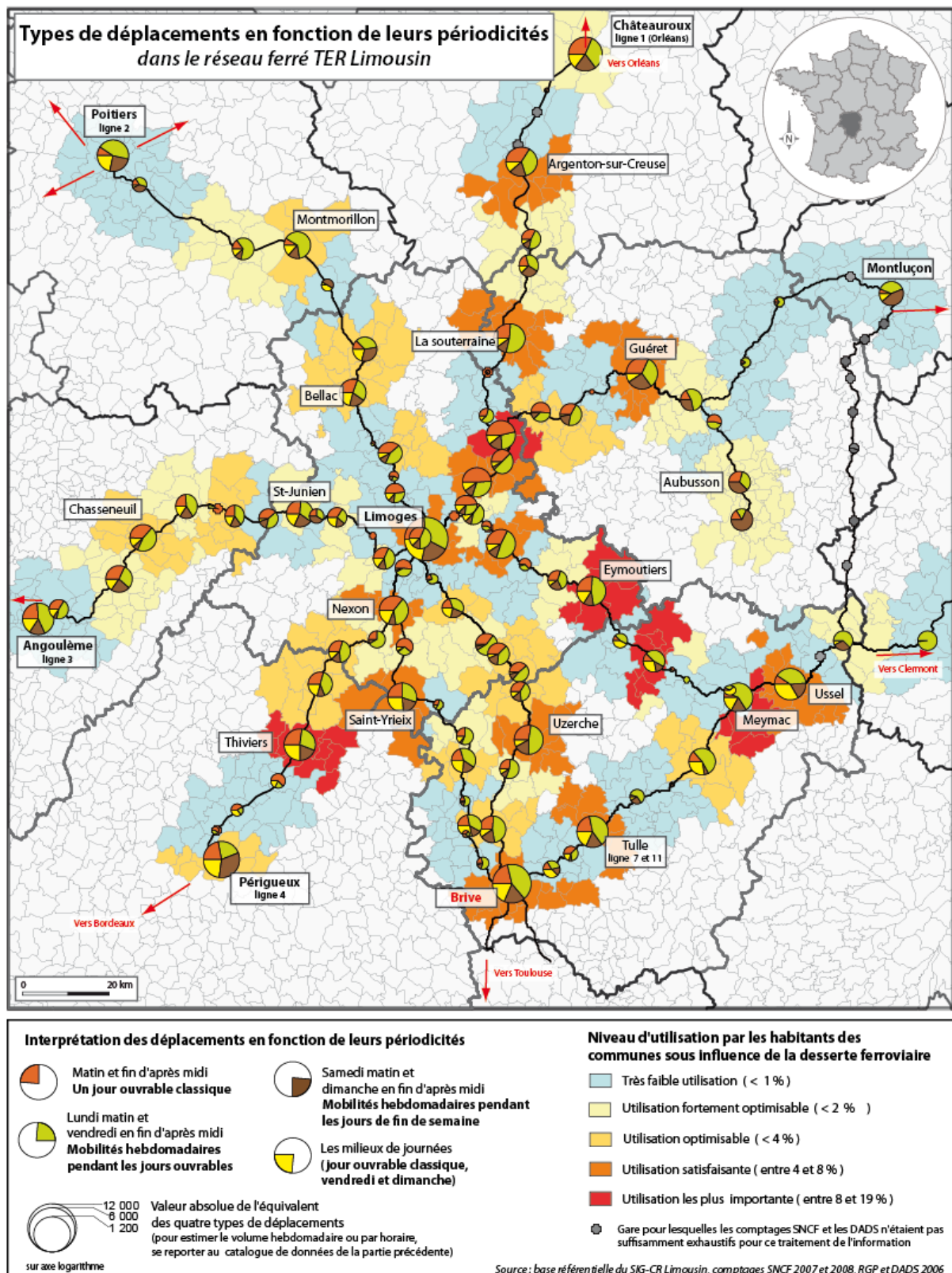


Figure 57 : Utilisation du réseau ferré TER Limousin en fonction des types de déplacements

Les 4 types de déplacements aller/retour exprimés sur la carte correspondent aux 4 profils d'utilisateurs principaux :

- ✓ un jour ouvrable dit « classique » (moyenne du mardi, mercredi et vendredi) : les plages horaires correspondent aux déplacements interprétés comme des mobilités domicile-travail (ou études) avant 9h et entre 16h30 et 20h30. Ils représentent respectivement 41,5% et 36,7% (soit 78% au total) du trafic journalier. Selon la base de données constituée à partir des comptages SNCF, nous estimons à 2057 le nombre de voyageurs pendulaires quotidiens.
- ✓ Les déplacements hebdomadaires pendant les jours ouvrables correspondent aux effectifs du lundi matin (+5% par rapport à un matin « classique » soit environ 760 voyageurs supplémentaires) et du vendredi en fin d'après midi (+6% par rapport à une fin d'après midi « classique », soit environ 1150 voyageurs supplémentaires).
- ✓ Les déplacements hebdomadaires pendant les jours de fins de semaine correspondent à la fréquentation du samedi matin (jusqu'à 14h, environ 1300 passagers soit 68% du trafic quotidien) et du dimanche en fin d'après midi (1800 voyageurs soit environ 65% du trafic quotidien).
- ✓ Les milieux de journées (10h à 16h) correspondent aux effectifs d'un jour ouvrable classique (823 voyageurs), additionné au vendredi (1612 voyageurs) et au dimanche (524 voyageurs).

Au regard de l'efficacité du service (nombre d'utilisateurs / population résidentielle), les dessertes qui fonctionnent le mieux se situent sur la ligne 4 (Thiviers) et la ligne 8 (Meymac, Bugeat, Eymoutiers). La gare de Saint-Suplice Laurière, desservie par 2 lignes (1 et 10), présente elle aussi un très bon niveau d'utilisation (18% de la population située dans la zone d'attractivité de la gare). Si Limoges (7,29%), Uzerche (5,78%) et Ussel (7,37%) témoignent d'un niveau d'utilisation satisfaisant, les autres villes du réseau témoignent de taux qui chutent rapidement : Guéret (4,38%), Brive (4,15%), Périgueux (3,68%), Châteauroux (1,82%), Angoulême (0,98%), Poitiers (0,57%).

L'efficacité des gares présentant une activité supérieure à 8 % répond pour autant à des logiques différentes : par exemple, l'efficacité de la gare de Saint-Suplice Laurière est

d'abord dûe aux voyageurs quotidiens, tandis que pour la ligne 8 (Eymoutiers, Bugeat, Meymac) les voyageurs hebdomadaires des jours ouvrables représentent plus de la moitié des utilisateurs. La prédominance des déplacements hebdomadaires est également observable sur la ligne 2 en direction de Poitiers.

Sur la ligne 15 (à destination de Felletin via Aubusson), ce sont les voyageurs hebdomadaires durant les jours de fin de semaine qui dominent. Les « chassés croisés » du samedi matin et du dimanche soir (déplacements de semaine et de week-end) sont d'autant plus importants, que les correspondances pour un départ le lundi matin ne sont pas aisées (y compris à destination de Limoges). Ce pic d'activité du dimanche soir s'observe dans une moindre mesure pour la gare de Périgueux, car il n'existe pas (à ce jour) une correspondance à Limoges permettant d'arriver suffisamment tôt le lundi matin à Paris.

Les autres lignes (1, 3, 5, 6, 10 et 11) présentent un équilibre relatif entre les 4 types de déplacements, ce qui témoigne d'un recours diversifié au service ferré TER (matin-soir, aller retour dans la semaine, durant le week-end, en milieu de journée). Si chacune de ces lignes présente des volumes de voyageurs acceptables, les différences d'efficacité entre les gares d'une même ligne peuvent apparaître très marquées (figure 57).

Toutes les gares situées sur des communes ayant moins de 4 % d'utilisateurs sont en sous régime : la figure 57 permet ainsi d'identifier les territoires où des actions de valorisation du réseau ferré TER Limousin seraient pertinentes (communes les plus claires). Pour les gares situées sur des communes présentant moins de 1% d'utilisateurs, elles correspondent en partie aux communes périurbaines des plus grandes villes (Limoges, Poitiers, Périgueux, Châteauroux, Montluçon) où la concurrence avec les liaisons routières est presque toujours à la faveur de l'automobile. Pour les autres gares très peu utilisées (comme par exemple en Creuse à Montaigut, en Corrèze entre Meymac et Bugeat ou entre Tulle et Brive, en Haute-Vienne entre Bellac et Limoges, autour de Saint-Junien...), les raisons d'une telle désaffection méritent d'être identifiées (problème d'accessibilité à la gare, nombre de dessertes sur des plages horaires spécifiques...).

Enfin, sur un plan qualitatif, les résultats témoignent d'un usage diversifié du réseau ferré TER (au regard des périodicités de l'activité) témoignant ainsi d'une bonne adéquation entre les besoins exprimés dans les territoires et le service proposé. Cependant, sur un plan quantitatif, si le taux moyen d'utilisation de la population résidentielle (de l'ensemble des zones d'attractivités des gares) est de 2,13%, il existe de fortes inégalités. Les taux les plus élevés concernent Meymac (19%), Saint-Suplice Laurière (18%), Thiviers (10,7%), Eymoutiers (8,4 %). Les principales villes du Limousin (Guéret, Brive, Tulle, Ussel) ont des taux compris entre 4 et 6 % tandis que les taux des destinations extrarégionales (Angoulême, Périgueux, Poitiers, Châteauroux) sont parfois très inférieurs à 4%. Cette dernière remarque souligne que le service offert par le réseau ferré TER Limousin est d'abord adapté aux besoins des liaisons infrarégionales. Nous avons vu précédemment qu'en termes de volume de voyageurs, les liaisons interrégionales étaient plus importantes. Par contre, si l'on considère le taux d'utilisation, les gares situées en Limousin sont plus efficaces. La seule ligne interrégionale combinant d'importants volumes de voyageurs et un taux d'utilisation élevé est la ligne 4 (Limoges-Périgueux) ; qui par ailleurs, s'était déjà distinguée au regard du nombre de voyageurs effectifs par desserte.

Des objectifs à atteindre sur les migrations quotidiennes pendulaires

L'analyse précédente a permis d'établir un premier diagnostic de la fréquentation du réseau ferré TER Limousin en fonction des types de mobilités. L'équilibre relatif entre les différents profils d'utilisateurs (définis selon leurs périodicités) n'est cependant pas fidèle à la fréquentation, car en ces termes, le premier groupe (les voyageurs quotidiens pendulaires) use théoriquement de ce service 4 à 5 fois dans la semaine. La dernière concerne donc ces voyageurs, qui même lorsqu'ils ne sont pas majoritaires, génèrent le plus de déplacements dans le régime hebdomadaire. La figure 58 présente la synthèse de cette analyse conduite spécifiquement sur les horaires de migrations pendulaires quotidiennes (avant 9h et entre 16h30 et 20h30). Le taux d'utilisation a été calculé à partir des comptages dans les trains au regard du nombre de salariés et étudiants (ou scolaires) résidant à proximité d'une gare et dont les destinations sont desservies sur la même ligne.

Les gares sont représentées en fonction du nombre de voyageurs attendus si l'ensemble des salariés et étudiants (ou scolaires) des aires d'attractivité utilisaient le réseau ferré TER.

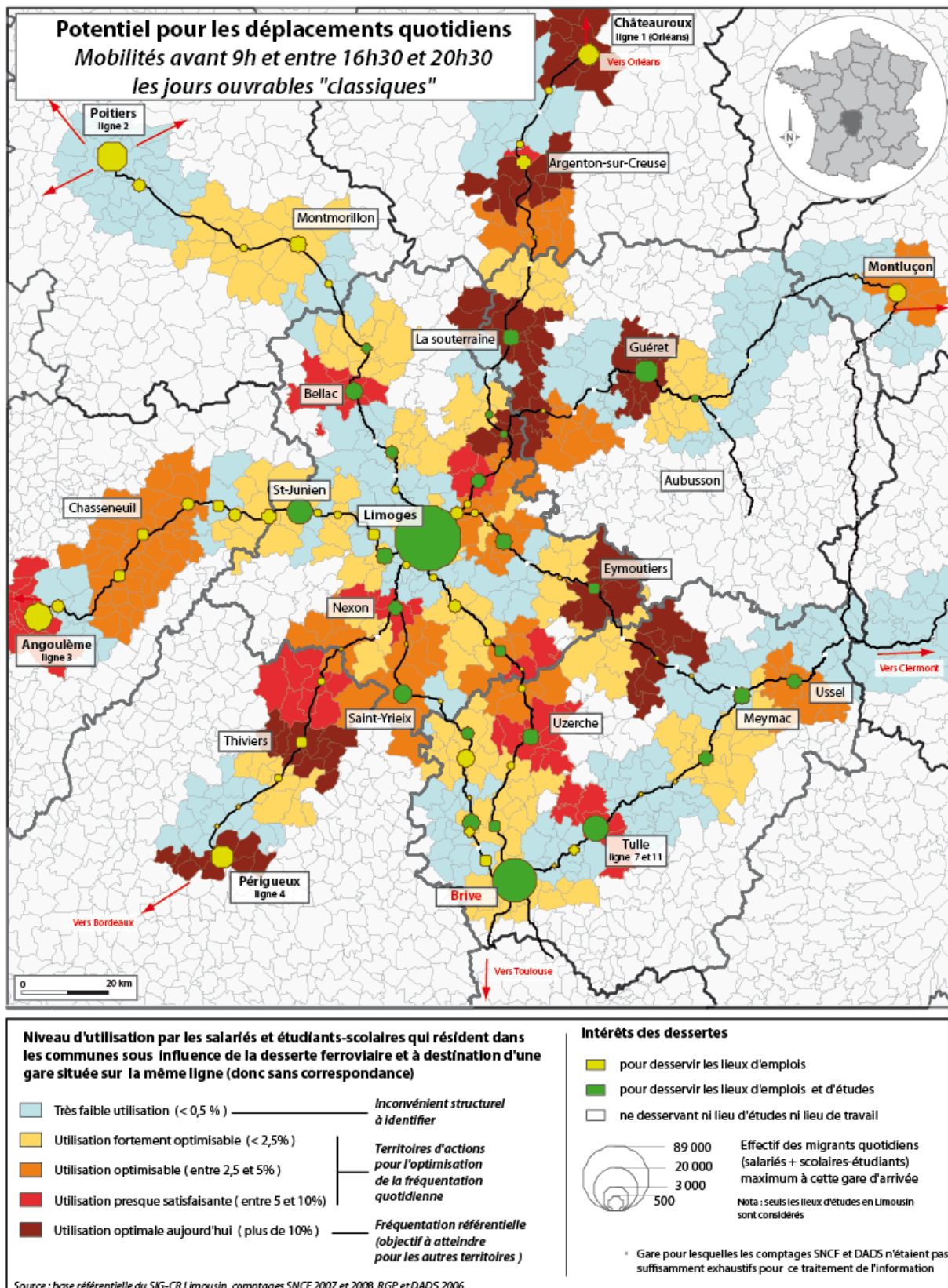


Figure 58 : Potentiel d'accroissement des déplacements quotidiens

La figure 58 témoigne de l'inégale fréquentation des migrants pendulaires. Les lignes ferroviaires qui ont les taux les plus hauts (taux calculés sur la population de migrants pendulaires quotidiens salariés et scolaires-étudiants) ont été regroupées dans la classe « plus de 10% » :

- ✓ La ligne 4 (Limoges-Périgueux) : les taux les plus élevés du réseau concernent encore une fois Périgueux (48,9%) puis Thiviers (28,4%). La ligne 4 est à ce jour la plus utilisée par cette catégorie de voyageurs.
- ✓ La ligne 10 (Limoges-Guéret) : les gares qui se distinguent sont Guéret (15,9%) et Saint-Suplice Laurière (14,1%).
- ✓ La ligne 8 (Limoges-Ussel) : Si les taux sont inférieurs à 10% aux extrémités de la ligne, les petites villes sur le parcours témoignent d'un recours certains aux déplacements en TER, par exemple Eymoutiers a un taux de 16% et Bugeat de 13,3%.
- ✓ La ligne 1 (Limoges-Châteauroux) est la ligne qui a le plus de gares dépassant les 10%. Tout d'abord Saint-Suplice Laurière qui dépasse 14%, puis La Souterraine et Argenton sur Creuse qui avoisinent 11,5%, et enfin Châteauroux avec 10,5%.

Ce seuil de 10% d'utilisateurs parmi la population effectuant un aller retour quotidien pour des raisons professionnelles ou scolaires pourrait constituer un objectif à atteindre pour les principales villes du réseau : Angoulême (actuellement 8,81%), Uzerche (8,2%), Tulle (7,2%) Bellac (6,39%).

Mis à part le cas d'Ambazac (7%), la plupart des gares périphériques des principales villes témoignent d'un très faible niveau d'utilisation. Comme nous l'avons souligné précédemment, ce sont les espaces où la concurrence avec les liaisons routières est inégale et toujours au profit de la voiture : selon la destination finale, la durée de parcours et l'intermodalité peut être ressentie comme une contrainte ; l'exemple des gares d'Aubazine - Saint Hilaire Peyroux et de Cornil, situées entre Brive et Tulle, sont à ce titre très explicites (0,2% toutes les deux).

Entre ces périphéries très peu utilisatrices et les gares assurant un service pour plus de 10% des migrants quotidiens pendulaires, les communes (en bleu, jaune et orange sur la figure 58) constituent les territoires privilégiés pour des actions visant une augmentation de la fréquentation.

Enfin, au-delà de l'efficiace des gares en fonction des comportements des résidents de leurs aires d'attractivité, d'autres déséquilibres méritent d'être soulignés. Sur la figure 58, lorsque le nombre de voyageurs attendus est important mais que les voyageurs descendants (identifiés dans le catalogue de données) ne correspondent pas, c'est un dysfonctionnement du point de destination qui est en cause : par exemple Arnac-Pompadour a actuellement 1055 salariés (domiciliés à proximité de la ligne 5), alors qu'1 seul voyageur descend avant 9h (en provenance de Brive). Par ailleurs, 20 voyageurs partent d'Arnac-Pompadour tous les matins pour se rendre sur leurs lieux de travail (dont 90% vont vers Brive). Globalement, les parcours pendulaires quotidiens sont plus nombreux pour les habitants d'Arnac-Pompadour que pour les brivistes.

3. Les informations géographiques compilées (ou constituées) et transférées au Conseil régional du Limousin

Pour réaliser ce travail, nous avons structuré une source connue des services techniques du Conseil régional, mais jusqu'alors peu utilisée : les comptages SNCF. Ce fichier que nous transférons à l'attention de la Délégation *Etudes et prospectives* et des techniciens du service *Transports et déplacements*, est interopérable avec les référentiels géographiques du SIG-CR. Le récapitulatif par gare qui a permis la synthèse a été structuré dans un fichier également interopérable.

Les données COMPTAGE_FER

La SNCF effectue périodiquement des comptages dans les TER (montées – descentes-contenant) pour chaque gare. Ces opérations sont généralement effectuées sur une période de deux à trois semaines, pendant laquelle chaque desserte (définie par un train à un horaire donné pour chaque jour de la semaine) donne lieu à un comptage de sorte à reconstituer le trafic observé sur une semaine.

Pour réaliser les représentations spatiales de ces traitements statistiques, l'identifiant « ID_ARRET » de la couverture cartographique du SIG-CR Limousin permet une jointure rapide. Le fichier dénombre 6415 enregistrements et pour chacun d'eux, 13 variables sont précisées.

Les données GARE_INDIC

Pour terminer, nous avons compilé les indicateurs utilisés pour la synthèse régionale dans une table attributaire dont l'unité ponctuelle dans la base SIG est la gare. Le champ « ID_ARRET » (numérique) correspond à l'identifiant primaire de la couche cartographique du SIG-CR Limousin. Ainsi, cette table permet rapidement de produire des représentations spatiales à partir des indicateurs établis (valeur absolue de toutes les variables du catalogue de données, effectif des 4 types de déplacements en fonction de la périodicité, effectif de salarié dans la zone d'attractivité de la gare, etc.).

Le transfert de ces données visait le transfert de deux sources d'informations exhaustives au commanditaire de l'étude permettant pour la première de réaliser de nouvelles analyses, et pour la seconde, de concevoir de nouvelles productions cartographiques à partir des indicateurs établis dans cette étude. Les deux tables attributaires (Comptage_fer et Gares_Indic) ont été livrées avec le document de l'étude sur un support Cdrom.

Pour conclure,

Ce travail s'inscrit dans la première étape des diagnostics et prospectives mise en place par le Conseil régional. Grâce à la structuration d'informations jusqu'alors utilisées ponctuellement (les comptages SNCF), les premières investigations géomatiques montrent que leurs exploitations permettent de traduire le « rythme » de fréquentation du réseau ferré TER tant dans les dimensions temporelles que spatiales. La répartition des voyageurs dans chaque gare et sur des plages horaires spécifiques a ainsi pu être appréciée. Combinés à des données sociodémographiques (notamment les mobilités domicile-travail ou études), ces indicateurs permettent alors de mesurer l'hétérogénéité de la fréquentation et par là même d'identifier les gares où le rythme est anormalement bas.

La valorisation des résultats obtenus par ces analyses consiste à orienter les chargés de mission soit vers l'identification de problèmes structurels (comme par exemple l'accessibilité à une gare, les possibilités de stationnement, un dysfonctionnement de l'inter modalité en fonction des horaires dans les villes de tailles moyennes...), soit vers l'identification des

territoires propices à des actions expérimentales permettant d'augmenter le trafic (au dépens du trafic routier principalement).

Si les résultats apportés par ce travail sont inédits, ils ne représentent toutefois que les premières investigations qui méritent très largement d'être poursuivies. La prise en compte de nouveaux comptages SNCF permettrait une approche diachronique : l'évolution des volumes et des types de déplacements permettrait alors de mesurer l'impact des nouveaux aménagements (comme par exemple le changement du cadencement de certaines lignes comme c'est le cas de la ligne 11 depuis le mois de septembre 2009), de nouvelles actions tarifaires (comme par exemple un abonnement « domicile-travail » sur des tarifs incitateurs), et plus globalement les effets d'une nouvelle politique de transports TER.

Au-delà de ces investigations à petite échelle, la continuité de ce travail consisterait à un changement d'échelle spatiale : en effet, la question de l'accessibilité aux gares en dehors des zones urbaines mérite d'être étudiée, comme d'ailleurs celle de l'inter modalité de la gare de destination. Dans les deux cas, un travail à grande échelle compléterait cette première approche qui à ce jour constitue une première ressource pour les réflexions des chargés de mission du Conseil régional Limousin.

Conclusion du chapitre III

Le SIG du Conseil régional, bien que plus ancien et a priori plus mature que celui de la CAB, semble finalement se situer (en 2010) dans une période de net ralentissement d'activité transversale : la première phase de succès liée à la géolocalisation des équipements ou des actions n'étant plus une charge pour la collectivité (notamment depuis 2005), le développement de nouvelles missions, et plus particulièrement d'analyses spatiales au service d'études et de prospectives territoriales n'a été impulsé que récemment.

Le SIG-CR Limousin, intégré au système d'information de l'institution, est d'abord conçu comme un outil à l'attention de ses services techniques, voire exclusivement à l'attention des techniciens et des chargés de mission. La mission de partage des informations géographiques est parfaitement intégrée pour les données référentielles entre les services, et pour la production de représentations spatiales normalisées. Ce point fondamental de coordination et de structuration des informations géographiques pour une collectivité de cette taille constitue le point fort de ce SIG. Cependant, deux fonctionnalités habituellement développées dans les collectivités territoriales, sont discrètes pour ne pas dire absentes du SIG-CR Limousin : la communication d'informations géographiques vers les administrés, et une implication dans les diagnostics territoriaux.

Un géoportail d'intérêt prioritairement technique

Le SIG dispose d'un géoportail permettant l'affichage des données mais également des requêtes attributaires et spatiales. La cartotheque constitue également une ressource documentaire largement utilisée par les agents de la collectivité. Les initiatives liées aux problématiques transversales (par exemple : le schéma régional éolien) conduisent au développement d'interfaces spécifiques permettant aux agents de différents services (dans l'exemple : l'environnement, l'urbanisme, les énergies renouvelables, etc.) de coordonner leurs actions selon un référentiel géographique commun. Finalement, comme pour la Communauté d'Agglomération de Brive traitée dans le chapitre précédent, l'opérationnalité des services techniques à l'égard des compétences territoriales de l'institution est la préoccupation majeure qui a guidé le développement du SIG.

La question de mission *stratégique* du SIG a été abordée lors des entretiens avec Jean-Yves Jabet (responsable du SIG du Conseil régional). Pour lui, le simple fait de disposer d'un SIG crée des relations avec les collectivités extérieures de taille identique (« *comme par exemple le Conseil régional Poitou-Charentes qui avait initié son SIG avant nous* ») et également « *avec des collectivités de plus petites tailles dans notre territoire de compétences* » (Communauté d'Agglomération, de communes, Pays...). Le SIG a donc permis au Conseil régional Limousin de tisser de nombreux liens vers les autres collectivités, pour des échanges d'expériences dans la mise en place de cette technologie, pour la mise à disposition de données, et de plus en plus souvent pour assurer une interopérabilité entre les bases de données lorsqu'il s'agit de partenaires institutionnels.

A plusieurs reprises, Jean-Yves Jabet s'est interrogé sur la pertinence d'un géoportail à l'attention des administrés. La réflexion est souvent limitée au « *pour quoi faire ?* ». A juste titre, et à l'inverse de ce qui se pratique pour de nombreux géoportails, quel est l'intérêt de proposer un accès pour visualiser les référentiels nationaux (BDortho, BDcarto, SCAN25 de l'IGN) alors que ceux-ci sont déjà accessibles sur les géoportails des producteurs d'informations géographiques (Géoportail (IGN), Infoterre (BRGM), Mappy...)? Sa position consiste donc à mettre en place un géoportail pour une information inédite : le projet actuel (mais qui trouve difficilement un nombre suffisant de partenaires financiers régionaux) viserait à réaliser une couverture d'ortho-photographies à très haute résolution (pixel de 20 cm, alors que la production standard de l'IGN est de 50cm). Une nouvelle couverture thématique destinée à l'ensemble des citoyens (à l'image de la thermographie réalisée dans la Communauté d'Agglomération de Brive, cf. chapitre précédent) pourrait aussi entrer dans ce cadre.

A ce jour, le Conseil régional Limousin n'a toujours pas trouvé opportun de mettre en place un géoportail à l'attention de ses administrés : comme pour n'importe quelle communication sur internet, même enrichie d'une géolocalisation, la véritable question relève d'abord de la nature des messages et de l'interactivité des échanges entre l'institution et ses administrés.

L'implication du SIG dans les diagnostics territoriaux conduit au moyen de TIG

La place du SIG dans les prises de décision des techniciens et chargés de mission pour la mise en œuvre des actions de la collectivité est donc incontestable. Cette évidence ne se

vérifie plus pour les opérations de *suivi* (fonction *d'observatoire*). Nous avons constaté à plusieurs reprises que les ressources humaines des services techniques de la collectivité étaient insuffisantes pour conduire des études sur des thématiques très spécialisées comme la fréquentation en différents points du réseau TER en fonction de périodes hebdomadaires définies, ou bien encore les spécificités des territoires infrarégionaux à l'égard des nouveaux résidents arrivants d'une autre région.

L'externalisation de nombreuses études ne doit pour autant pas être interprétée comme un point négatif et non maîtrisé : le regard extérieur d'un centre de recherche (ou bureau d'études) pour conduire le diagnostic territorial est bien souvent profitable à la collectivité. Par contre, l'absence d'une mise en relation systématique entre la cellule SIG et les prestataires, comme l'absence dans le cahier des charges de normes et référentiels à utiliser et à restituer, conduisent finalement à un faible niveau d'intégration des résultats de ces diagnostics dans les référentiels utilisés fréquemment par la collectivité.

Les conditions de contractualisation avec la collectivité constituent également une situation qui n'est pas optimale : l'organisme en charge de réaliser le diagnostic (le prestataire) produit des résultats objectifs, mais qui sont ensuite « filtrés » lors des concertations avec les directeurs de services, notamment avant une communication devant les élus.

Ces diagnostics initiés par la collectivité servent d'abord à alimenter un capital de connaissances, généralement à l'initiative d'un directeur de service ou de pôles techniques. Le SIG ne sera sujet à intégrer des données afférentes à cette thématique que si celles-ci s'avèrent suffisamment fiables et transversales à l'égard des besoins des techniciens et chargés de mission de l'ensemble de la collectivité.

Les apports de ces diagnostics territoriaux ponctuels déconnectés du Système d'Information de la collectivité

La plupart des diagnostics commandités par le Conseil régional sont donc le plus souvent à l'attention de ses propres services, et l'absence de partage des informations produites avec les partenaires extérieurs explique en grande partie les effets très circonscrits de ces diagnostics. Quels sont alors les apports de ces diagnostics ? Ponctuels et au fil de l'actualité des sujets soulevés par le bureau exécutif, ces diagnostics constituent des investigations

thématiques reflétant la polyvalence sans cesse croissante du Conseil régional en adéquation avec la politique de décentralisation qui caractérise la France depuis une vingtaine d'années.

Cette diversité de réponses que doit aujourd'hui apporter le Conseil régional à ses administrés est assez bien illustrée dans les deux actions-recherche présentées dans ce doctorat. Dans ces réflexions de gestion territoriale à petite échelle, la région met ainsi en place deux types de politiques : « l'interventionniste » qui agit directement sur les infrastructures et/ou les aménagements, et « l'incitatrice » qui consiste bien souvent à subventionner des comportements considérés comme positifs pour la collectivité.

Dans le premier cas, les leviers d'actions sont facilement identifiables (TER, gare, fréquences) : les techniques géomatiques contribuent notamment à identifier les indicateurs permettant d'ordonner les gares et les horaires sur lesquels les actions tendraient prioritairement à optimiser les déplacements à l'égard des flux observés.

Dans le cas de la politique d'accueil des néo-arrivants, le travail a surtout consisté à apporter une photographie (un état des lieux) d'une information méconnue par le gestionnaire du territoire. La typologie finale n'est qu'une étape, car idéalement, il reste à comprendre les motivations des migrants (emplois, infrastructures et équipements, cadre de vie, etc.) et leurs impacts sur le territoire. En subventionnant directement les néo-arrivants, les activités facilitant leurs intégrations, ou bien encore les collectivités territoriales ayant des initiatives allant dans le même sens, le Conseil régional tient également à s'assurer que les géodynamiques en cours et l'efficacité des actions initiées ne créent pas d'inégalités ou de nouveaux déséquilibres territoriaux.

Dans nos collaborations contractualisées avec le Conseil régional, la définition des besoins était précisée par les chefs de services et/ou les chargés de mission, sans qu'une demande précise n'ait été directement formulée par les élus-décideurs. Ces diagnostics demandés précèdent finalement les demandes des élus : les services techniques anticipent les besoins en termes de prises de décisions dans les commissions plénières (et ou thématiques) planifiées sur de longues périodes, en constituant un capital de connaissances en amont (la compréhension de la problématique territoriale et des scénarios possibles : *l'Intelligence* dans la figure 5). Les élus prennent alors note que l'institution aura en sa possession ce travail

quand la sphère décisionnelle initiera une action directement ou indirectement sur cette thématique. Nous revenons sur ce phénomène que nous resituons dans une conclusion plus générale à la page suivante.

Conclusion de la première partie

Cette conclusion peut-elle synthétiser l'évolution globale de la place de la géomatique dans les collectivités avec lesquelles nous avons collaboré au cours de la décennie 2000 ? Elle ne pourra bien sûr qu'en présenter les traits principaux, et ce en trois étapes : dans un premier temps en rappelant les facteurs contextuels marquants qui ont privilégié l'émergence des SIG au sein de ces organisations ; ensuite en dressant un bilan des avancées et du chemin qu'il reste à faire pour que les TIG soit plus efficaces à l'égard du *cycle de la gestion territoriale* (figure 6); et enfin, en apportant des éléments de réponses sur les spécificités des SIG en fonction des échelles des compétences territoriales.

Les évolutions majeures liées à des facteurs extérieurs aux organisations (2000-2010)

La première question que nous nous sommes posée en finalisant cette partie concerne les facteurs déterminants dans la mise en place d'un SIG au sein de l'organisation. Très tôt pour le Conseil Régional (2001), et plus tardif pour la Communauté d'agglomération (2005), des pratiques géomatiques individuelles (en monoposte) ont précédé une structure organisationnelle dont la ressource humaine semble identique quelles que soient les collectivités : une seule personne avec un profil professionnel spécialisé dans les SIG est généralement rattachée à la Direction Générale des Services, en raison des missions transversales qui lui sont assignées. Prioritairement, le projet de l'organisation doit conduire à la constitution d'une base de données référentielle (pour l'organisation), à partir d'informations normalisées, actualisées et accessibles dans une interface sécurisée et réservée aux services techniques.

Cependant, l'initiative consistant à mettre en place un SIG pour l'organisation semble d'abord dépendre de la mobilisation des informations géographiques utiles à l'exercice des compétences territoriales. Pour le Conseil régional par exemple, il a été plus aisé de concevoir son Infrastructure de Données Spatiales au début de la décennie 2000, lorsque les référentiels géographiques commercialisés par l'IGN (BDcarto, Scan25, BDortho, etc.) et les données sociodémographiques de l'Insee (RGP, DADS, etc.) sont devenus accessibles. Pour la Communauté d'Agglomération de Brive, dont les missions s'expriment à une échelle bien

plus grande, la création du SIG correspond à la mobilisation possible des plans cadastraux et des Fiches de Propriétés associées (normes DGI) sur les 15 communes qui la composent.

C'est donc avant tout les évolutions dans la mobilisation d'informations géographiques (commercialisation et/ou mises à disposition de bases de données exhaustives) qui sont le plus directement liées à l'émergence des SIG au sein des collectivités. Il est intéressant de souligner le poids de la normalisation de ces informations géographiques : la norme EDIGEO pour les cadastres a, par exemple, donné un caractère opérationnel aux interfaces numériques pour l'instruction de dossiers liés à l'urbanisme (les avis et les suivis des opérations sur le réseau d'assainissement de la CAB en sont une belle illustration).

Une fois le SIG implanté, la collectivité développe généralement une interface ergonomique avancée (en ligne) permettant à l'ensemble des agents de consulter les informations utiles à leurs activités quotidiennes, mais permettant également de communiquer à l'attention des administrés sur le territoire. Ces géoportails ont l'avantage de minimiser les coûts de l'infrastructure informatique, faciliter l'usage des TIG pour les utilisations simples et surtout formaliser l'accès à l'information et les productions cartographiques à partir d'une base de données référentielle : toutes les données accessibles à partir de l'interface sont sélectionnées, analysées, critiquées et validées avant d'être intégrées. Ce référentiel géographique de l'institution, généralement suffisant pour le *suivi des réalisations*, se révèle le plus souvent incomplet pour conduire des *diagnostics* territoriaux (par exemple : nous avons utilisé les DADS (déplacement Domicile-travail, Insee) pour l'étude sur les TER alors qu'elles ne sont pas disponibles dans l'interface du Conseil régional ; même remarque pour la base MOBRES (Mobilités Résidentielles) concernant les néo-arrivants, *idem* pour les documents d'urbanismes (patchwork de cartes communales et de PLU) sur le territoire de la CAB.

Cependant, ces référentiels d'institutions (l'Infrastructure de Données Spatiales et les informations alphanumériques associées) sont en constante évolution : les responsables des SIG, généralement administrateurs de données, se concentrent d'abord sur la fiabilité des informations (normes) et de leurs actualisations (par exemple la CAB procède à une mise à jour annuelle des plans cadastraux et des Fiches de Propriétés). Les veilles sur les nouveaux produits commercialisés ou diffusés par les producteurs nationaux d'informations (IGN, IFEN, Insee, etc.) comme ceux produits localement par des organismes référents (DREAL,

DGI, etc.), sont généralement opérées par les agents dans les services techniques qui font ensuite remonter la demande à l'administrateur des données.

Il existe ainsi des conditions d'exhaustivité, de fiabilité et de potentiels d'usages pour l'ensemble de la collectivité, qui sont appréciées par le responsable du SIG et validées par un *Directeur* (dans le cas du Conseil régional Limousin, celui *Pôle Aménagement du Territoire*). Le même principe est observable à la CAB, avec d'autant plus d'attention que les échelles d'informations relèvent du foncier. La normalisation des données et la formalisation d'un référentiel d'institution sont ainsi les premiers indicateurs de l'émergence d'un SIG opérationnel dans une collectivité territoriale. Les géoportails constituent ensuite le meilleur moyen de dissémination des pratiques géomatiques au sein de la collectivité. A cet égard, cette évolution technologique qui semble se généraliser dans les collectivités est un très bon vecteur d'initiation et de sensibilisation pour les néophytes : très rapidement (les formations dispensées par les responsables SIG durent entre une demi-journée et une journée), il est possible d'éditer des cartes de localisation, d'effectuer des requêtes attributaires ou spatiales, de consulter l'ensemble des informations afférentes à une entité (ensemble des données sociodémographiques d'une commune, ou des données fiscales d'une parcelle, etc.).

Ainsi, si les pratiques géomatiques se sont plus facilement disséminées dans les institutions grâce à la combinaison de deux facteurs (mobilisation des bases de données normalisées et développement des géoportails), cette augmentation significative d'utilisateurs ne s'exprime pas à travers une plus grande diversité des pratiques, bien au contraire : les géoportails induisent une homogénéisation des pratiques géomatiques en les réduisant très souvent à un minima : consultation et édition. Le développement d'interfaces « métiers », minimisant les erreurs de manipulation, est aujourd'hui systématiquement développé lorsque la collectivité doit assurer des actions fréquentes et régulières, à l'image des actions de la CAB pour la gestion et l'entretien du réseau d'assainissement. Très favorable aux actions liées aux *réalisations* et aux *suivis*, cette logique de développement du SIG témoigne ensuite de grandes difficultés dès lors qu'il s'agit d'analyser l'espace géographique, ou plus précisément de le diagnostiquer en vue de prises de décisions appuyées sur des prospectives.

Bilan de la contribution de la géomatique dans le cycle de la gestion territoriale

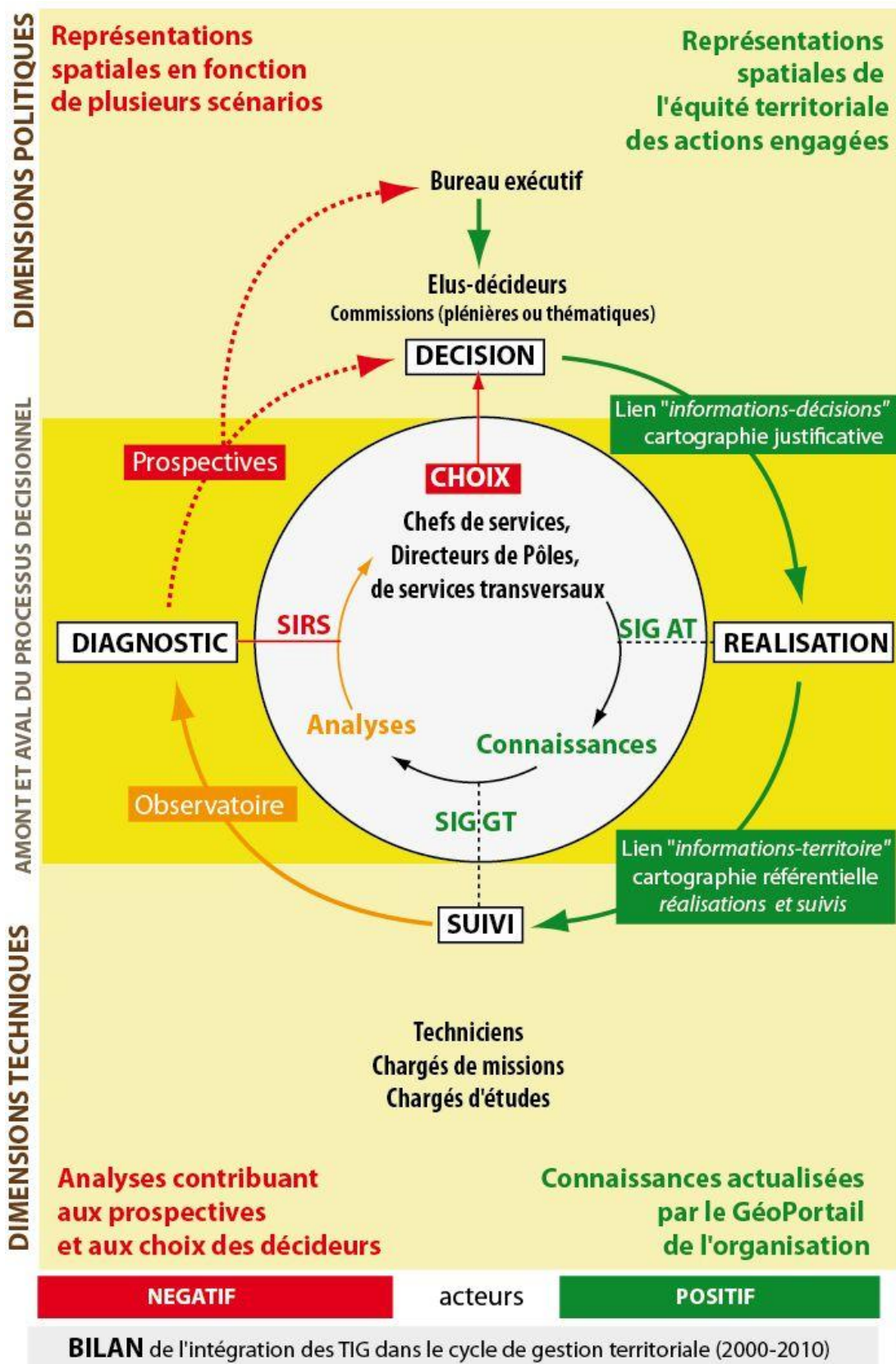
Nous avons synthétisé les résultats de nos actions-recherche au sein des collectivités territoriales sur la figure 59. La contribution des TIG dans le cycle de gestion territoriale n'est pas homogène : le bilan se révèle positif (en vert) entre la *décision*, la *réalisation* et le *suivi*, mais il témoigne de difficultés entre le *suivi* et le *diagnostic* (en orange), qui sont à leurs paroxysmes entre le *diagnostic* et la *décision* (en d'autres termes les prospectives permettant l'aide à la décision).

Au cours de la décennie 2000, la plupart des collectivités territoriales et les intercommunalités se sont familiarisées avec les TIG avec les mêmes objectifs : produire des représentations spatiales de leurs territoires de compétences permettant de mettre en évidence les inégalités spatiales, et par conséquent, justifier (dans la phase projet) et localiser (dans la phase mise en œuvre) leurs actions. Incontestablement, cette logique a conduit à une *cartographie justificative* qui domine dans les productions cartographiques des collectivités.

La démocratisation des Bases de Données à très grande échelle (cadastrale notamment) a facilité les opérations d'administration territoriale conduisant aux réalisations sur le terrain (fonctionnalité SIG AT). L'interopérabilité des bases de données référentielles et des données « métiers » (y compris les actions réalisées par la collectivité) assure la continuité permettant le *suivi* (fonctionnalité SIG GT). Les agents techniques de la collectivité consultent ainsi une seule source d'informations géographiques *référentielle*, et raisonnent à partir d'une connaissance mutualisée et partagée au sein de la collectivité (entre les techniciens, chefs de services - élus – décideurs, et entre les différents services techniques.)

Avec la finalisation des inventaires des équipements par les services techniques au milieu de la décennie et l'exhaustivité des bases de données commercialisées, il semble qu'aujourd'hui, il n'y ait plus vraiment de pratiques géomatiques au sein des services qui dépassent une simple consultation de l'interface référentielle de l'institution (le géoportail).

Dès lors qu'il s'agit de conduire des analyses visant un diagnostic territorial, les études sont le plus souvent externalisées. Pour les missions d'observatoires, elles sont soit réalisées en interne, soit confiées à des organismes extérieurs (très souvent de type associatif) qui établissent des bilans à une fréquence régulière.



SIG GT : fonctionnalité du SIG dédiée à la gestion territoriale
SIRS : fonctionnalité du SIG visant la modélisation géographique, les outils et les informations géographiques ne sont plus systématiquement issus des référentiels de la collectivité
SIG AT : fonctionnalité du SIG dédiée à l'administration territoriale

Figure 59 : Bilan mitigé de la contribution de la géomatique dans le fonctionnement du cycle de la gestion territoriale au cours de la décennie 2000

Cette externalisation des missions *d'observatoires* et de *prospectives* relève d'abord du fait que les agents des collectivités sont plus concentrés sur *les réalisations* et le *suivi* (actions concrètes aux yeux des administrés et permettant d'établir un bilan efficient à l'égard de la hiérarchie), mais également au fait que le regard extérieur d'un bureau d'études, de centres de recherches ou des Centre d'Etudes Techniques (CETE) sur leur territoire est très souvent souhaitable. Ainsi, même si un référent dans chaque service technique de la collectivité assure l'expression des besoins, au final les TIG mises en œuvre dans les diagnostics territoriaux ne sont pas initiées et maîtrisées par les agents de la collectivité, et très souvent, le lien avec la cellule SIG n'est même pas établi. La fonctionnalité SIRS (Système d'Informations à Références Spatiales) consiste alors à faire appel à des TIG et à des sources d'informations externes au SIG de la collectivité, puisque les objectifs visent une approche objective et prospective prenant en compte les géodynamiques en cours dans le territoire (et non seulement les actions conduites par la collectivité).

La plupart du temps, les besoins ont concerné un diagnostic sur les inégalités géographiques auxquelles il était difficile d'associer des scénarios : le choix des analyses prospectives semble rester le domaine privilégié des chefs de services techniques et des directeurs de services transversaux, dans un cadre de concertation que nous n'avons pu suffisamment intégrer au Conseil régional. Si l'expérience de cartographie participative avec la CAB pour l'implantation de logements sociaux fut réussie en termes de participation des élus, nous avons également pu constater qu'en présence d'un document non réglementaire qu'ils avaient eux même conçu, les aménagements n'ont pour autant pas été initiés.

La place des TIG dans la préparation des prises de décisions politiques semble être bien minime. Les acteurs clés (chefs de services et directeurs de services transversaux) des collectivités territoriales ont plutôt tendance à anticiper les besoins liés aux prises de décisions des élus : les diagnostics commandés auprès des prestataires extérieurs visent à compléter leurs connaissances empiriques des géodynamiques en cours, et ce sont généralement eux qui assurent la formulation de scénarios en fonction des sollicitations du bureau exécutif de la collectivité. Cette catégorie spécifique d'acteurs capitalise donc les connaissances préalables et nécessaires aux prises de décisions des élus-décideurs. Si dans un

premier temps, ce fait peut apparaître surprenant, il n'en est pas moins optimal. En effet, les chefs de services et directeurs de services transversaux sont les acteurs les plus stables dans la collectivité : le "turn-over" des techniciens et chargés d'études dans les collectivités territoriales est important ; quant aux élus ils sont dépendants des élections. Les chefs de service dont les ambitions professionnelles sont ancrées dans le développement de la collectivité (Pornon, 2004), incarnent donc la « continuité des actions » et sont probablement les plus à même d'avoir la meilleure compréhension de l'objet d'étude dans la dimension temporelle comme territoriale. Ainsi, ils représentent un capital de connaissances centralisées et sont capables d'apporter rapidement des éléments de réponses aux interrogations des élus-décideurs. Les modélisations géographiques accompagnent rarement la formulation de différents scénarios et l'évaluation des impacts dans le territoire (démarches *prospectives* permettant l'argumentaire des *choix* présentés aux élus). Les représentations spatiales produites par les TIG sont donc plus ou moins liées aux prises de décisions de l'exécutif, et leurs meilleurs intermédiaires sont incontestablement ces chefs des services techniques et stratégiques (dont les élus ayant délégation de compétences sur ces services sont finalement bien souvent les porte-paroles).

Si nous nous sommes beaucoup focalisés sur l'aide à la décision des élus-décideurs, ces actions-recherche ont également mis en évidence la dimension multi-décisionnelle des TIG au sein de la collectivité. Nous avons vu que les évolutions vers les géoportails optimisaient l'accès à une information actualisée pour les techniciens et les chargés d'études, démarche très utile dans les prises de décisions afférentes aux *suivis* ou aux *réalisations*. Nous venons également de constater que les chefs de services capitalisaient leurs connaissances territoriales en s'appuyant sur les diagnostics territoriaux, ce qui leur permet de coordonner les actions des techniciens et chargés d'études, et surtout de proposer des *choix* aux élus décideurs en argumentant l'action de rééquilibrage territorial (aux moyens de représentations spatiales). Nous pouvons donc considérer que les TIG sont efficaces à l'égard des différentes décisions à prendre au sein d'une collectivité : tant pour la décision politique (élus), les décisions stratégiques (chefs de services), que pour les décisions techniques (chargés de missions et techniciens).

Malgré ce bilan globalement positif, nous insistons néanmoins sur les difficultés à concevoir des prospectives dans la continuité des actions engagées, des prospectives en lien direct avec le *suivi* dans le territoire (en d'autres termes, en fonction de l'efficacité des actions déjà conduites). Les diagnostics territoriaux accompagnés de prospectives apparaissent fréquemment à l'occasion de projets comme l'arrivée de la LGV, le Schéma Régional Eolien dans la région Limousin, la mise en place du Plan de Déplacements Urbain (PDU) dans la Communauté d'Agglomération, etc. Le *cycle de gestion territoriale*, présenté dans ce travail comme un postulat, apparaît donc incomplet, et le maillon entre les *diagnostics* et les *décisions* semble ainsi faire défaut.

Des pratiques communes mais des usages différenciés selon les échelles de compétences

Doit-on raisonner de façon similaire qu'il s'agisse d'un Conseil régional ou d'une Communauté d'Agglomération ? Il existe en effet de nombreux points communs dans le recours aux TIG par les collectivités territoriales, quelle que soit l'échelle de son territoire de compétences. L'évolution des structures organisationnelles liées à la technologie des géoportails (préfigurant un géomaticien (plus informaticien que géographe) unique développant des outils de consultation d'informations géographiques et d'édition cartographique accessibles à l'ensemble des agents de la collectivité) s'adapte aisément aux différentes structures et se généralise à une vitesse fulgurante. De nombreux autres points communs peuvent être cités : le SIG de la collectivité est l'outil privilégié pour identifier les inégalités territoriales dans le territoire de compétences, il produit une cartographie justificative et argumentative des politiques conduites, il accompagne les compétences territoriales dans le domaine du *suivi* et des *réalisations* sur le terrain (fonctionnalité SIG d'Administration Territoriale et de Gestion Territoriale), etc.

Pour nuancer le recours aux TIG entre des collectivités de tailles différentes, nous pouvons considérer que les pratiques géomatiques sont communes, mais que les usages diffèrent. La nature des informations géographiques présentes dans l'Infrastructure de Données Spatiales est à ce titre révélatrice. Par exemple, lorsque le Conseil régional décide de financer la rénovation d'une gare exclusivement desservie par le TER, l'instruction foncière relève de la commune concernée, et l'action de financement n'est donc pas instruite par son SIG.

D'ailleurs, le SIG du Conseil régional n'intègre pas de cadastre interactif, trop éloigné de leurs champs d'actions et des besoins les plus fréquents. La superposition de plans scannés n'est pas exclue mais n'est présente que dans le cadre de démarches ponctuelles, et à l'initiative du référent géomatique du service technique intéressé (une démarche finalement rarement observée). Une grande partie de l'activité quotidienne des agents afférentes à la mise en œuvre d'actions ne nécessite donc pas un recours au SIG, et très fréquemment ne se matérialisera dans celui-ci que sous la forme d'un point dans la cartographie d'un inventaire régional. Le recours au SIG est donc occasionnel, et d'abord l'affaire de bilans ou d'états des lieux. A l'inverse, pour la Communauté d'Agglomération disposant de l'ensemble des plans cadastraux et des Fiches de Propriétés (mise à jour annuelle conventionnée avec la DGI), le SIG est majoritairement consacré à des opérations de *suivi* (jusqu'à mettre en place les suivis individualisés des administrés pour les équipements et les infrastructures).

L'aspect opérationnel (caractérisant l'efficacité dans le territoire) du SIG est lisible à travers les informations géographiques à grande échelle¹⁰³ des aménagements, des infrastructures, du foncier, et les interfaces permettant l'instruction et le suivi de dossiers d'administrés sur des temps horaire ou journalier. Dans le cas de la CAB¹⁰⁴, les acteurs de l'intercommunalité n'avaient une lecture des représentations spatiales qu'à deux échelles : la parcelle cadastrale et la commune. Car c'est à ces échelles que les entités géographiques prenaient un sens dans leurs réflexions : la parcelle pour le foncier et l'intervention, et la commune pour mesurer sa participation aux géodynamiques de l'intercommunalité.

Au final, l'aspect opérationnel permettant la matérialisation des actions dans le territoire (la *réalisation* et le *suivi*) est généralement prioritaire dans le développement de l'interface commune (le géoportail). Ce constat est d'autant plus vrai pour des organisations ayant des compétences à grande échelle, ce qui explique alors pourquoi les fonctionnalités « métiers » dominant dans les SIG municipaux ou des communautés d'agglomérations, bien plus que pour les SIG des Conseils régionaux. Plus l'échelle du territoire de compétences est petite (illustrée dans ce travail par l'échelle régionale), plus le développement de l'interface

¹⁰³ Présence du Référentiel à Grande Echelle (RGE de l'IGN), et des référentiels de la DGI parexemple

¹⁰⁴ 15 communes seulement dans la communauté d'agglomération étudiée

généraliste semble importante, au dépens d'applications « métiers » plus attendues par les nombreux techniciens disséminés dans chaque service. Ce phénomène est en grande partie dû à une stratégie de développement d'outils communs utiles au plus grand nombre.

Par ailleurs, le rôle stratégique des SIG a également été souligné, notamment pour s'inscrire parmi les acteurs territoriaux incontournables en termes d'accès à des informations géographiques aux normes exigeantes mais facilitant le fonctionnement au quotidien. De ce point de vue, la taille du territoire de compétence de la collectivité ne semble pas influencer : cette dimension stratégique, largement exploitée par la Communauté d'Agglomération à l'égard de la gestion de l'information foncière de ses communes-membres, n'a pas été développée par le Conseil régional du Limousin. Par contre, ce choix a été exploité par le Conseil Général de la Corrèze. Il en résulte des inégalités d'accès aux informations géographiques entre les différents acteurs territoriaux des trois départements de la région Limousin.

Au-delà des avantages financiers¹⁰⁵ des licences étendues permettant de mettre à disposition les bases de données à un coût symbolique, ces conventions permettent une dissémination des pratiques géomatiques inter-organisationnelles aujourd'hui inévitable. Par exemple, dans le domaine des transports, nous avons souligné le statut d'Autorité Organisatrice des Transports (AOT) du Conseil régional concernant les TER. Une commission régionale des AOT, associant donc les Communautés d'Agglomérations (dont la CAB) pour les déplacements urbains, et les Conseils Généraux pour les déplacements en cars, et la Région organise des réunions à une fréquence régulière : un schéma régional d'inter-modalités des transports oblige ainsi l'ensemble des partenaires à assurer une interopérabilité de leurs bases d'informations géographiques, au moins dans les espaces d'interconnexions.

Ce phénomène est d'autant plus motivé que la directive européenne *Inspir*¹⁰⁶, publiée et entrée en vigueur depuis 2007, contraint les acteurs territoriaux¹⁰⁷ producteurs

¹⁰⁵ Sur les droits d'usages et d'édition cartographiques

¹⁰⁶ *Inspir* est une directive européenne qui fixe les règles pour « établir l'infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne, aux fins des politiques environnementales communautaires et des politiques ou activités de la Communauté susceptibles d'avoir une incidence sur l'environnement. » (définition de la Direction de la Recherche et de l'animation scientifique et technique de la Commission Européenne, 2007)

d'informations géographiques (y compris les organismes consultatifs publics), au niveau national, régional ou local à mettre à disposition du plus grand nombre d'acteurs leurs bases de données à références spatiales, actualisées et interopérables. Les accès sont généralement assurés par des interfaces web et des plateformes de téléchargement.

Il semble donc exister des nuances dans les usages des TIG en fonction des échelles de compétences. Cette réflexion nous conduira, dans les perspectives de ce doctorat, à aborder la question de la dimension multiscale pour une étude dans le champ de la *Géographie de l'Information Géographique* : l'échelle spatiale du territoire de compétence d'une collectivité préfigure-t-elle les modalités de développement de son SIG ? Priorise-t-elle ses principales fonctionnalités (SIG AT, SIG GT et SIRS) ?

Avant cela, il convient d'approfondir nos connaissances dans une démarche prospective de la géomatique hors des sphères mono-organisationnelles des collectivités territoriales et des intercommunalités.

La seconde partie ne s'inscrit pas dans une recherche des spécificités d'un groupe d'acteurs territoriaux défini. Elle ouvre les portes aux concertations organisées sous la forme de *Groupes de Travail* réunissant un ensemble d'experts d'origines professionnelles différentes devant répondre à une problématique territoriale pluridisciplinaire, et dans le cas de ce doctorat, sur le thème des relations entre la santé des populations et les expositions environnementales.

Les perspectives dressées dans le chapitre VI (chapitre de conclusions), concernant la contribution de la géomatique à la gestion et au développement des territoires, s'appuient ainsi sur les résultats de cette analyse critique conduite dans le milieu des utilisateurs de TIG expérimentés (les gestionnaires du territoire) et sur celle de la seconde partie privilégiant les diagnostics territoriaux d'intérêt scientifique, également utiles à la Santé Publique en région.

¹⁰⁷ Sont concernés : les Ministères, Régions, Départements, et dans une moindre mesure les communes et EPCI. Les organismes d'intérêt public comme l'IGN, l'IFEN, etc. sont également concernés.

Dans la première partie rétrospective, consacrée aux SIG des collectivités et des intercommunalités, nous avons mis en évidence l'intégration progressive des TIG dans le cycle de la gestion territoriale au cours de la décennie 2000. Mais nous avons également pu constater qu'il existait un « maillon faible » : les prospectives destinées aux décisions politiques. Cette liaison est assurée par les chefs des services techniques et les directeurs de Pôles¹⁰⁸, qui s'appuient toutefois sur les représentations spatiales de diagnostics territoriaux périodiques permettant d'identifier les géodynamiques en cours et les déséquilibres territoriaux potentiels. Ce raisonnement est issu d'actions-recherche conduites jusqu'ici dans des contextes mono-organisationnels aux compétences territoriales multiples.

Dans la seconde partie, prospective car au service d'une nouvelle approche territoriale de la santé¹⁰⁹ à l'échelle régionale, l'objectif a consisté à mettre en place des outils et méthodes de diagnostics sanitaires et environnementaux. En France, la gestion des territoires est assurée par des acteurs territoriaux dont la géométrie des « spécialités » varie peu malgré des problématiques transversales de plus en plus nombreuses: cette seconde partie s'adresse donc aux gestionnaires de territoires qui devront traiter de problématiques situées à l'interface de la gestion environnementale et d'une géographie infrarégionale des pathologies.

Réalisées en 2008 et 2009, les deux actions-recherche qui illustrent chaque chapitre de la seconde partie correspondent à des jeux d'acteurs antérieurs à la réforme territoriale de santé publique amorcée en 2010. Cette réflexion sur un transfert des méthodes et outils de la recherche vers une nouvelle compétence territoriale à l'échelle régionale (*Santé – Environnement*) sera prudemment abordée à la fin de cette seconde partie : **comment les méthodes géomatiques présentées dans ce travail peuvent-elles être utiles aux acteurs territoriaux soucieux des spécificités environnementales de leur territoire régional et devant concevoir leurs actions selon le cycle de la gestion territoriale ?**

¹⁰⁸ Terme utilisé pour le regroupement de plusieurs directions de services techniques

¹⁰⁹ Installation des Agences Régionales de Santé en 2009 en fusionnant les grands organismes (URCAM, DRASS, DDASS, ARH, etc.) en 2010

Les méthodes que nous exposons permettent de compléter une conception de veille sanitaire indispensable (vigilance, alerte, signalement et intervention d'urgence) par des actions de **surveillance sanitaire** (enregistrement continu des cas, analyses géostatistiques dans des fenêtres spatio-temporelles de plus en plus larges) : à l'égard de la première partie, cette transition consiste à nous transposer dans l'étape *diagnostic territorial* pour les futurs organismes en charge d'un cycle de gestion territoriale de la santé dans un souci d'équité infrarégionale. Malgré une gouvernance territoriale encore très discrète sur ces questions d'aménagement du territoire, il semble qu'une réflexion sur l'accès aux soins, prenant en compte les inégalités géographiques face à la distribution des maladies soit intelligible. Le débat engagé dans la seconde partie correspond cependant à une autre exploitation possible des résultats : les expositions environnementales différenciées à l'échelle régionale et leurs superpositions « significatives » avec les territoires où la survenue d'une ou plusieurs pathologies se révèle anormalement élevée.

APPROCHE PROSPECTIVE

GEOMATIQUE, SCREENING SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTAL A L'ATTENTION DES GESTIONNAIRES DES TERRITOIRES

Emergence de pratiques géomatiques en géo-épidémiologie environnementale au service d'une politique de Santé Publique territorialisée

« La plus grande partie des problèmes environnementaux qui présentent des risques pour la santé proviennent des actions humaines. Identifier et évaluer les risques que l'environnement fait peser sur la santé n'est pas une tâche évidente et facile. L'épidémiologie appréhende le risque selon une logique de probabilité temporelle, la géographie de la santé selon une logique de probabilité spatiale avec ses conséquences en matière d'organisation de l'espace, de localisation et d'extension des effets. »

(JP. Thouez, 2005)

Sommaire de la deuxième partie

GEOMATIQUE, SCREENING SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTAL A L'ATTENTION DES GESTIONNAIRES DES TERRITOIRES

Emergence de pratiques géomatiques en géo-épidémiologie environnementale au service d'une politique de Santé Publique territorialisée

Introduction de la seconde partie	267
La surveillance sanitaire en France et les TIG : de la détection de structures spatiales agrégatives de cas incidents aux relations avec l'environnement.....	267
La structuration progressive de référentiels d'informations sanitaires en France.....	268
Un premier usage des TIG : identifier les structures spatiales agrégatives	269
Un second usage : mettre l'incidence en relation avec l'environnement	271
Nos objectifs	272
Deux études de cas au service de l'investigation géomatique	273

CHAPITRE IV

TIG ET DIAGNOSTICS TERRITORIAUX DE MALADIES FREQUENTES, distribution infrarégionale des principaux cancers en Limousin et premières investigations environnementales sur les anciens sites d'exploitation d'uranium	275
--	------------

CHAPITRE V

TIG ET DIAGNOSTIC TERRITORIAL D'UNE MALADIE RARE La Sclérose Latérale Amyotrophique dans l'environnement limousin	361
--	------------

Conclusion de la seconde partie	399
Les TIG dans les systèmes de surveillance sanitaire français	399
Recherche d'épidémiologie spatiale : une problématique territoriale ?.....	400
Acteurs de la veille sanitaire avant la réforme territoriale de la santé publique.....	403
De la veille à la surveillance géo-sanitaire, vers une gestion territoriale de la santé	405
Observatoires Régionaux de Santé et diagnostics territoriaux pour les ARS.....	408
Perspectives d'un cycle de gestion territoriale de la santé en région	411

Introduction de la seconde partie

La surveillance sanitaire en France et les TIG : de la détection de structures spatiales agrégatives de cas incidents aux relations avec l'environnement

Les applications SIG « métiers » destinées aux secours d'urgence furent parmi les premières développées dans les années 1980 au Canada. Aujourd'hui en France comme dans la plupart des pays développés, les organismes ayant en charge des interventions (d'urgences ou non) ont presque systématiquement recours à une application « métier » adaptée spécifiquement à leurs besoins (Venzal-Barde, 2008 ; Millot, 2008). Du point de vue de la veille sanitaire, plusieurs équipes de l'Institut National de Veille Sanitaire (InVs) en France utilisent ces technologies : la plupart des maladies infectieuses (qu'elles soient évènementielles ou saisonnières) sont étudiées, suivies et gérées en s'appuyant sur des modèles géostatistiques. Ces technologies sont également utilisées pour les investigations concernant des maladies non infectieuses, généralement dans le cadre d'investigations sur un agrégat dont le signalement est accompagné de suspicion sur une source potentielle d'exposition.

La communication de Morgane Stempfelet (chargée d'études à l'unité *Statistiques et outils* de l'InVs) aux rencontres annuelles d'ESRI SIG 2009 présentait plusieurs exemples d'analyses géostatistiques (Stempfelet, 2009). Intitulée *l'Utilisation des SIG en santé environnementale à l'InVs*, cette synthèse des usages des SIG au sein de l'institution témoignait d'un recours fréquent dans le cadre de sa mission de veille sanitaire (investigations lors de signalements) mais en négatif, témoignait également de l'absence de ces technologies dans la surveillance sanitaire (enregistrements des cas incidents en continu) pour les maladies non infectieuses. L'InVs dont la mission est d'abord de préconiser et de recommander, finance des systèmes d'enregistrements appelés *registres* qui doivent assurer l'enregistrement en continu des cas incidents et qui par conséquent, ont en charge la surveillance sanitaire de leur territoire de compétences. Depuis une trentaine d'années environ, différentes structures inégalement réparties sur le territoire français ont ainsi commencé à enregistrer l'incidence de pathologies spécifiques.

La structuration progressive de référentiels d'informations sanitaires en France

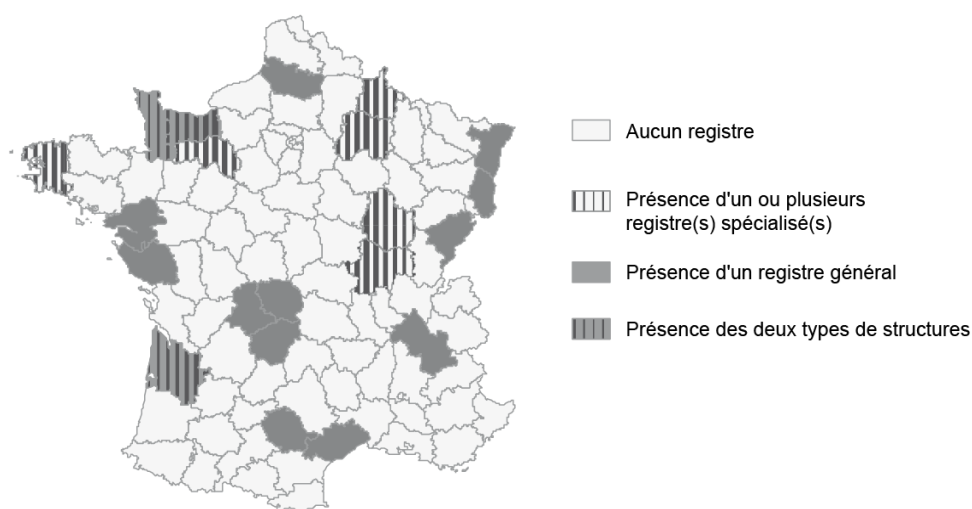
Actuellement en France, la veille sanitaire s'appuie donc sur les bases de données relatives aux soins (systèmes d'information de l'assurance maladie, des hôpitaux, données des laboratoires d'anatomopathologie, etc.) ou sur des systèmes mis en place afin de surveiller des pathologies spécifiques (grippe, intoxication au monoxyde de carbone, etc.). Les registres sont conçus comme des unités qui collectent, structurent et utilisent ces données exclusivement à vocation de surveillance sanitaire sur un territoire donné. Par exemple, les registres des cancers (généraux ou spécialisés) utilisent un système multi-source (en recroisant généralement 3 à 4 sources : PMSI, ALD, laboratoires d'anatomopathologie, etc.). Les résultats sont ensuite agrégés grâce à un réseau (dans le cas des cancers, le réseau Francim), qui par redressement, interpolation et extrapolation pour les zones non couvertes, permettent de disposer de références nationales.

La présence de l'une de ces structures dans un territoire d'étude est un avantage certain car elles permettent de disposer d'une source homogène, structurée et validée (par exemple, un enregistrement au Centre de référence SLA de Limoges a systématiquement été validé par un neurologue ; le protocole du Registre Général des Cancers en Limousin croise trois sources, dont au moins deux sont nécessaires pour valider un enregistrement, etc). Ces registres permettent ainsi un recueil fiable, continu, pérenne et exhaustif de données nominatives, intéressant un ou plusieurs événements de santé dans une population géographiquement définie. Ils permettent des recherches de santé publique, grâce à un inventaire réalisé par une équipe ayant les compétences appropriées.

En France, il existe aujourd'hui un large éventail de ces structures : des registres de cancers, des registres de malformations congénitales ou encore un registre national des causes médicales de décès. Si les recueils permettent aujourd'hui de raisonner sur des quorums d'incidence correspondant à une période d'observation supérieure à 10 ans, peu de zones géographiques bénéficient de ces systèmes de surveillance : seulement 18% de la population métropolitaine est à ce jour sous surveillance d'un registre (figure 60).

Toutefois, l'existence de ces informations structurées et facilement mobilisables motive de nombreuses recherches dont les inégalités géographiques constituent un axe structurant¹¹⁰.

¹¹⁰ L'exemple du nouveau Plan Cancer français 2010-2013 en utilisant cette expression pour le titre de l'un de ces trois axes prioritaires est une belle illustration



source : InVs, 2009

Figure 60 : carte des Registres des cancers en France métropolitaine

A l'exception des registres à vocation nationale (registre des mésothéliomes pleuraux, des tumeurs solides et des hémopathies malignes de l'enfant).

L'expression « inégalités géographiques » permet de désigner les facteurs sociodémographiques comme les facteurs environnementaux : les mesures de différence et les typologies de synthèse peuvent alors être réalisées en fonction des lieux, et donc d'une géographie qui permettra d'étudier de nombreuses interactions spatiales.

Un premier usage des TIG : identifier les structures spatiales agrégatives

En 2009, aucun registre de cancers français n'utilise de SIG dans le cadre de l'enregistrement continu des cas incidents¹¹¹. Par contre, certaines de leurs publications mentionnent l'usage de TIG dans leur méthodologie de mesure d'incidence ou de détections d'agrégats. C'est d'ailleurs la première application citée dans les publications et dans les entretiens conduits auprès d'interlocuteurs des registres français (cf. note 111).

La multiplication des registres spécialisés ou généraux et la normalisation des différentes sources sanitaires mobilisables permettent aujourd'hui de constituer des quorums sur des périodes d'observation relativement longues, prenant ainsi en compte un temps

¹¹¹ Nous avons rencontré 5 responsables (ou collaborateurs proches) de registres et contacté 6 autres par téléphone entre les mois de février et novembre 2009 et avons eu plusieurs échanges avec la présidente du réseau des registres des cancers (Pascale Grosclaude) durant la période 2008-2009. Les échanges et la participation aux journées d'études et colloques annuels 2008-2009 du Cancéropôle du Grand Sud Ouest ont permis de sonder les usages dans l'ensemble des unités d'enregistrements situées sur le territoire métropolitain.

« d'exposition/contraction » adapté à une hypothèse d'exposition à faibles doses (contexte résidentiel, forte fréquentation de zone de loisirs..). La recherche d'agrégats spatio-temporels peut ainsi être raisonnée à petite échelle tant sur le plan spatial que temporel (durée d'observation la plus longue possible). En appréhendant l'incidence¹¹² en fonction de la distribution géographique des cas, il devient alors possible d'identifier des agrégats : des fenêtres spatiotemporelles où l'incidence est anormalement élevée.

En épidémiologie spatiale, l'agrégat se définit comme un regroupement (anormal) dans le temps et/ou dans l'espace de cas de maladies, de symptômes ou d'évènements de santé au sein d'une population définie. Le *Guide méthodologique pour la prise en charge d'agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses*, publication de référence de l'InVs (Germonneau et al, 2005) ne traite pas directement des techniques de *Clustering* à petite échelle utilisées dans ce travail. Cependant, il aborde les investigations à haute résolution (spatiale et temporelle), qui sont au final les préconisations envisagées en fonction des résultats obtenus après avoir détecté un agrégat à petite échelle. Le bilan bibliographique dressé concernant les investigations d'agrégats à haute résolution (études internationales, nationales et locales) témoigne le plus souvent de résultats non significatifs, en particulier lorsque le questionnement (issu d'un signalement à la DDASS¹¹³ ou de recherches initiées par des chercheurs) met en cause une source d'exposition environnementale collective. Germonneau rappelle judicieusement que le risque d'une sur-incidence élevée localement (dans une petite fenêtre spatiotemporelle) n'exclue pas un fait de hasard, et qu'une démonstration scientifique capable d'écarter définitivement cette hypothèse est encore attendue. Dans son approche très critique des résultats scientifiques sur les investigations épidémiologiques, il ne considère cependant comme agrégats que des évènements de très forte intensité. L'agrégat recherché doit être tel que son incidence change très brutalement au point de faire varier l'ensemble des tendances dans une série de mesures. Dans l'inventaire des investigations conduites suite à un signalement officiel¹¹⁴, la zone géographique est généralement de 5 km autour de la source de pollution potentielle et les quorums de très faibles puissances statistiques (entre 3 et 6 cas). Le signalement officiel, comme la définition

¹¹² L'incidence est le nombre de nouveaux cas observés sur une période, dans une population donnée.

¹¹³ DDASS : Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale

¹¹⁴ Pour qu'un signalement soit officiel, le préfet doit avoir saisi la DDASS pour une prise en charge sanitaire de l'agrégat (en général, il les a consultés au préalable ainsi que la Cire (Cellule d'intervention régionale))

d'agrégats dans les recommandations du guide, semblent ainsi décrire un phénomène évènementiel, ponctuel dont les suspicions environnementales relèveraient d'un caractère accidentel.

D'un point de vue plus scientifique (et moins gestionnaire), un agrégat peut être le résultat d'une sur-incidence observable sur une longue période, en cohérence avec des préoccupations d'une exposition chronique à de faibles doses (contexte résidentiel, espace de loisirs, exposition indirecte...). En fait, un large débat existe autour de la définition d'un agrégat. Les approches quantitatives et / ou statisticiennes cherchent des seuils normés : à partir de combien de cas ? À partir de quelle unité spatiale ? À partir de quelle durée d'observation ? Il n'existe pas vraiment de consensus (sémantique ou autre) qui réponde à ce problème numérique. La définition que nous retenons pose le postulat que les agrégats spatiaux peuvent être de deux ordres : une tendance agrégative de cas pathologiques au sein de chaque unité spatiale¹¹⁵, et une tendance agrégative des unités spatiales entre elles. Enfin, ces tendances agrégatives sont étudiées en prenant en compte leur dimension temporelle permettant ainsi de déceler un troisième type d'agrégat (temporel).

Un second usage : mettre l'incidence en relation avec l'environnement

Le second usage des TIG cité par les acteurs des registres concerne la mobilisation des informations géographiques dans le domaine de la socio démographie. De nombreux travaux (notamment dans les études épidémiologiques à visée analytique) s'appuient sur des modèles statistiques pour identifier des facteurs de risque. A l'inverse des études de cohortes ou d'études cas-témoins¹¹⁶, les approches collectives (dites écologiques) utilisent parfois les Bases de Données Géographiques notamment pour les données sociodémographiques de l'Insee¹¹⁷. Les inégalités les plus étudiées (toutes pathologies confondues) sont probablement les inégalités génétiques (dans les recherches cliniques) et les inégalités sociales (dans les recherches écologiques). Les publications sur les relations entre les niveaux de revenu (ou d'éducation, etc.) et l'incidence des cancers sont tellement nombreuses que ces variables

¹¹⁵ Exemples : école, quartier, commune, canton

¹¹⁶ Dans ces deux types d'investigations épidémiologique, l'information utilisée est individuelle (dossiers cliniques, questionnaires, entretiens...)

¹¹⁷ Par exemple la base de données Iris (sectorisation : quartier urbain/commune rurale) permet regrouper toutes les données démographiques par classe d'âges, des données sur le foyer familial, les logements, les revenus...

peuvent dorénavant être standardisées¹¹⁸ lors des modélisations statistiques pour l'identification de nouveaux facteurs de risque.

Les investigations sur les facteurs environnementaux sont le plus souvent conduites selon la logique des tests statistiques existants en épidémiologie spatiale. Les tests de Stone ou de Cox les plus fréquemment utilisés (Chirpaze et al, 2004), ont inspiré de nombreux développements qui illustrent assez bien la démarche généralement utilisée. Il s'agit de tests qui vérifient l'hypothèse suivante : l'incidence (ou la prévalence¹¹⁹, ou la mortalité) décroît en fonction de la distance à la source d'exposition suspectée.

Nos objectifs

Les organismes qui collectent et structurent les données sanitaires n'utilisent généralement pas de SIG. Un travail sur l'organisation et les fonctionnalités de SIG au sein des registres ou centres de références, à l'image du travail réalisé pour les collectivités territoriales dans la partie précédente, ne serait pas pertinent. Toutefois, cette absence de SIG au sein des systèmes de surveillance sanitaire sera discutée dans la conclusion de cette seconde partie.

Cependant, les chercheurs de ces organismes (ou d'organismes partenaires) utilisent les TIG avec des pratiques très inégales dans le cadre de diverses études épidémiologiques (représentations spatiales descriptives et/ou analyses géostatistiques approfondies), mais ils ne réalisent les géocodages (transformation de *l'information* en *information géographique*) qu'en fonction des investigations épidémiologiques qu'ils doivent conduire.

Au cours des vingt dernières années où le développement durable s'est progressivement inscrit comme une priorité dans nos modèles de développement, les inégalités géographiques, et plus particulièrement les relations entre santé et environnement, sont devenues un véritable enjeu social : de nombreuses études¹²⁰ ont décrit les écarts de santé entre les groupes sociaux et les lieux, l'effet du statut socioéconomique dans les mesures d'incidence des cancers, l'identification de sources d'exposition spécifiques (incinérateur, industrie chimique...) en relation avec des critères étiologiques donnés. Les TIG sont donc

¹¹⁸ Opération statistique consistant à éliminer la variance induite par une variable lors du calcul du facteur de risque lié à une autre variable (dans un même espace géographique)

¹¹⁹ La prévalence est le nombre de cas observés à un instant t , dans une population donnée.

¹²⁰ Réaliser un tel inventaire serait un travail considérable. Pour se rendre compte du nombre d'études il suffit de consulter les bibliographies d'ouvrages traitant du sujet ou le site internet des publications de l'InVs (<http://www.invs.sante.fr/publications/default.htm>)

une ressource technologique de premier rang pour répondre aux problématiques posées par les acteurs de Santé Publique, qu'il s'agisse de détection d'agrégats ou de relation avec une source de pollution environnementale. Les méthodes et statistiques mises en œuvre dans ces approches écologiques ne permettent cependant pas d'établir un lien de causalité avec une source de pollution potentielle. Dans cet objectif, seuls des indicateurs étiologiques sur un suivi dosimétrique individuel (études cas/témoins¹²¹) peuvent constituer des preuves directes. Cependant, les approches écologiques permettent d'apprécier les associations spatiales entre les cas incidents d'une part, et leurs superpositions avec un facteur environnemental, qu'il soit anthropique ou non.

Le travail présenté dans cette partie du doctorat a consisté à mettre en place des méthodes de diagnostics sanitaires à différentes échelles, consistant à superposer spatialement une ou plusieurs pathologie(s) et une ou plusieurs source(s) d'exposition potentielle. D'un point de vue de la recherche-action, sa finalité est de contribuer à la mise en place d'outils d'aide à la décision pour les professionnels (gestionnaires des territoires, responsable de la santé publique, Cire, ARS) travaillant sur des problématiques de santé, notamment comme une démarche préliminaire argumentant des investigations plus conséquentes à entreprendre : enquête cas-témoins, mesures dosimétriques chez les patients et sur le terrain.... La valorisation de ces travaux s'inscrit donc résolument dans une démarche préventive, proposant des méthodes et outils pour optimiser la surveillance sanitaire à différentes échelles spatiales et temporelles, à l'attention de gestionnaires du territoire.

Deux études de cas au service de l'investigation géomatique

Traitant respectivement de maladies fréquentes (les cancers) puis d'une maladie rare (la Sclérose Latérale Amyotrophique), les deux chapitres de cette seconde partie correspondent à des travaux conduits en 2008 et 2009. Tous deux consistent à identifier des agrégats spatiaux de sur-incidence et à étudier les relations avec des facteurs environnementaux. Les configurations d'acteurs (et les objectifs) sont toutefois très différents. Dans le premier cas, une collaboration avec le Registre Général des Cancers du Limousin nous a permis de

¹²¹ A l'inverse des approches écologiques réalisées en population générale, les études « cas-témoins » sont mise en œuvre en sélectionnant les sujets, et des témoins (généralement appariés sur l'âge et le sexe).

réaliser un screening sanitaire de tous les cancers sur l'ensemble de la région. Ce travail a été associé à un contrat de recherche avec le Groupe d'Expertise Pluraliste¹²² sur la reconversion des anciens sites d'exploitation d'Uranium, qui nous a demandé d'établir une méthodologie de surveillance sanitaire (Boumédiène et al, 2009). Elle est aujourd'hui préconisée par l'InVs comme méthode référentielle à l'échelle infranationale. Les choix méthodologiques ont été guidés et validés par un groupe d'experts pluridisciplinaires. Nous présentons, dans le chapitre IV, la méthodologie élaborée et portons une analyse critique sur les avantages, mais surtout les limites du consensus méthodologique final au regard des premiers résultats obtenus sur la région Limousin. Dans le chapitre V, c'est une collaboration avec le Centre de Référence de la Sclérose Latérale Amyotrophique en Limousin et l'équipe universitaire NeTeC (EA3174, NeuroEpidémiologie Tropicale et Comparée) qui a permis de tester nos méthodes sur une maladie dite rare. Les acteurs relèvent exclusivement du domaine de la recherche même si la plupart sont praticiens dans un Centre Hospitalier. Les premiers résultats des structures agrégatives et des interactions avec différents facteurs environnementaux nous ont rapidement permis d'intégrer un *Réseau de méthodologie coordonnée d'investigations des agrégats spatio-temporels de SLA* (réseau national labellisé par l'Inserm) regroupant des neurologues, des chercheurs en santé publique, des géographes, des géomaticiens, des microbiologistes¹²³...

La conclusion de cette seconde partie resitue les principaux résultats des études de cas dans le contexte d'appropriation actuel des TIG par les acteurs de la surveillance sanitaire et par une analyse critique de leurs contributions dans les problématiques posées. Enfin, une discussion est engagée sur le rôle actuel de la géomatique dans le domaine de la surveillance sanitaire et sur les évolutions pressenties au regard de l'actualité scientifique et politique, connectant encore difficilement les résultats des recherches géo-épidémiologiques, la surveillance sanitaire et la gestion territoriale.

¹²² Groupe de 50 chercheurs coordonnés par l'InVs et l'IRSN (Institut National de Radioprotection Nucléaire) pour rédiger un rapport à l'intention du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable sur la reconversion des anciens sites d'exploitation d'Uranium (le Limousin étant le laboratoire pour les préconisations à l'échelle nationale). Des acteurs comme Areva, des associations environnementales ou des experts universitaires sont présents dans les différents groupes de travail.

¹²³ Equipes du réseau en 2009 : Grenoble (XTIMC-IMAG UMR CNRS 5525, CHU de Grenoble, PACTE UMR CNRS 5194), de Montpellier (CHU de Montpellier, Ecolag UMR CNRS 5119, IFREMER-IRD), de Limoges (CHU de Limoges, NetTeC EA3174, GEOLAB UMR CNRS 6042), de Rennes (ECOBIO UMR CNRS 6553) et de Paris (UMR CNRS 7223 ENSCP).

TIG ET DIAGNOSTICS TERRITORIAUX DE MALADIES FREQUENTES *(non transmissibles)*

Distribution infrarégionale des principaux cancers en Limousin et premières investigations environnementales sur les anciens sites d'exploitation d'uranium

Action-recherche en collaboration avec :

InVs : l'Institut National de Veille Sanitaire

Référents impliqués : Olivier Catelinois, Sarah Gorla, Morgane Stempfelet

IRSN : l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire

Référents impliqués : Caroline Ringear

GEP –GT2 : le Groupe d'Expertise Pluraliste sur le devenir des anciens sites
d'exploitation d'uranium en Limousin, GT 2 (15 experts)

RGCL : le Registre Général des Cancers du Limousin

Référents impliqués : Fabrice Quet, Alain Vergnenègre

UMR CNRS 6042 GEOLAB : Laboratoire de géographie environnementale

Intervenants : Farid Boumediene, Jean-Philippe Leleu

Sommaire du chapitre IV

TIG ET DIAGNOSTICS TERRITORIAUX DE MALADIES FREQUENTES

(non transmissibles)

Distribution infrarégionale des principaux cancers en Limousin et premières investigations environnementales sur les anciens sites d'exploitation d'uranium

Introduction du chapitre IV	279
I. Méthodologie pour l'étude de la distribution géographique des principaux cancers incidents en Limousin	282
A. La constitution de(s) quorum(s)	283
B. La démarche procédurale des études d'incidence	288
C. La statistique globale.....	295
D. La cartographie de l'incidence	298
II. Méthodologie pour la mesure des relations avec l'environnement	305
A. Construction d'indices environnementaux à l'échelle régionale	306
B. Mesure des relations et des confusions environnementales	315
Conclusion sur la méthode	324
III. Indicateurs d'incidence infrarégionale des cancers et Exposition aux anciens Sites d'Exploitation d'Uranium (EASEU) : synthèse régionale et « zoom » à l'échelle locale.....	326
A. Présentation des résultats souhaitée par les acteurs	330
B. Essai d'interprétation pour le Limousin.....	335
C. Limites et discussions.....	350
Conclusion du chapitre IV	357

Introduction du chapitre IV

L'action-recherche permettant d'aborder la relation entre environnement et cancers a été possible grâce à la convergence de deux événements dans un même territoire : la labellisation d'un Registre Général des Cancers en 2008 au CHU de Limoges et la réflexion engagée par un groupe d'experts pluridisciplinaires sur la reconversion des anciens sites d'exploitation d'uranium en Limousin. L'InVs et l'IRSN¹²⁴ profitaient de cette opportunité pour motiver des travaux permettant de mettre en place une méthodologie référentielle au service de la veille sanitaire autour des anciens sites.

En collaboration avec différents acteurs de la veille sanitaire

En Limousin, l'exploitation minière de l'uranium a longtemps occupé une place de première importance. Le déclin de cette activité à partir des années 1980 a conduit à la fermeture progressive des sites jusqu'en 2001. Ce processus a nécessité d'engager un travail technique et administratif afin d'assurer une remise en état dans des objectifs prioritaires de protection des populations et de l'environnement. La complexité du processus et la multiplicité des sites ont donné lieu à des analyses divergentes sur les conditions de cette remise en état (GEP, 2007). Ces divergences, alimentées en particulier par des mesures et études menées à l'initiative d'associations locales ou nationales, ont conduit à des développements judiciaires et médiatiques importants au cours des années 1990-2000.

Dans ce contexte, le ministre de l'écologie et du développement durable, celui de l'industrie et celui de la santé ont décidé la création d'un Groupe d'Expertise Pluraliste (GEP) sur les sites miniers d'uranium du Limousin en novembre 2005. Ses missions ont été renforcées par une nouvelle lettre de mission en novembre 2007, prolongeant son action jusqu'à la fin 2009. Le GEP était composé de plus de vingt experts de disciplines et d'origines diverses, incluant des institutionnels français et étrangers, des associatifs, des experts indépendants et industriels, auxquels s'ajoutaient d'autres experts dans les 4 groupes de travail.

¹²⁴ Institut National de Radioprotection Nucléaire

Il a œuvré selon les directives des lettres de mission des ministères concernés et de l'ASN, et a réalisé un travail d'analyse prospective des multiples aspects liés à la surveillance des sites et à leur gestion dans le temps. Les pouvoirs publics ont ainsi reçu des recommandations tant opérationnelles que méthodologiques, finalisées dans un rapport remis en décembre 2009 au terme de trois années de travail. Le GEP était constitué de 4 groupes de travail (GT) :

- le GT1 travaillait sur le thème *des sources et des transferts à l'environnement*,
- le GT2 sur *les impacts environnemental et sanitaire et sur la surveillance sanitaire*,
- le GT3 sur *le cadre réglementaire et la surveillance à long terme*,
- et enfin le GT4 plus spécifiquement sur *les mesures*.

Localement, le registre général des cancers du Limousin (RGCL) implanté au Centre Hospitalo-universitaire de Limoges était opérationnel depuis 1998. Qualifié par le comité national des registres en janvier 2008, il est majoritairement financé par l'InVs (également acteur central au sein du GEP). S'agissant d'un registre général, toutes les pathologies cancéreuses y sont enregistrées quel que soit l'âge des personnes affectées (enfants ou adultes). L'objectif principal de cette structure est l'enregistrement par année et le suivi, de manière continue et exhaustive, des nouveaux cas de cancer survenant chez des patients résidant en Limousin ; et ce quel que soit le lieu où a été réalisé le diagnostic.

Jusqu'en 2008, il y avait un décalage de 4 années entre l'année de survenue d'un cancer et l'enregistrement par le registre du Limousin. Ce décalage est en partie lié à la collecte de données validées et confirmées. Ainsi au cours de l'année 2008, le registre avait collecté les nouveaux cas de cancers apparus dans le courant de l'année 2004¹²⁵. Au début de cette étude, le registre général des cancers du Limousin disposait donc de données sur 7 années de recueil, de 1998 à 2004. Un total de 25 828 tumeurs a été enregistré sur cette période. Ces tumeurs étaient présentes chez 25 121 patients, du fait de la possible occurrence de plusieurs cancers (excluant les métastases), chez une même personne.

¹²⁵ Depuis 2010, une dynamique nationale a été engagée afin que l'ensemble des registres n'aient que 2 années de latence.

Des objectifs méthodologiques sur un terrain d'expérimentation régional

Le GT2 du GEP a sollicité le laboratoire GEOLAB en décembre 2008 afin d'élaborer une méthode permettant d'assurer une surveillance sanitaire autour d'anciennes mines d'uranium, considérant la région Limousin comme terrain d'expérimentation¹²⁶. Le Registre Général des cancers a pleinement participé à l'étude par la mise à disposition des données ainsi que dans les aspects de codification des données sanitaires, de sélection et redressement de quorums, etc.

Le plan de l'étude s'est déroulé entre le mois d'avril et le mois d'octobre 2009, avec 6 séminaires de présentation devant le groupe restreint du GT2 (environ 15 personnes) afin d'assurer une validation progressive de la méthode en cours d'élaboration. Celle-ci devait permettre un screening sanitaire des cas incidents de cancers jusqu'à l'identification d'agrégats spatiaux, et dans un second temps mettre en place des indicateurs permettant d'identifier une relation significative entre l'incidence et la localisation des anciens sites d'exploitation d'uranium.

Après la présentation de ces deux aspects méthodologiques, nous présentons les premiers résultats obtenus dans la région Limousin. Au moment de la rédaction de ce travail, seuls les aspects méthodologiques ont trouvé une place dans le rapport du GT2 (aux dépens des résultats obtenus dans la région Limousin). La discussion menée dans ce chapitre consiste principalement à s'interroger sur les avantages et les limites de la méthode établie dans un consensus pluridisciplinaire dont les acteurs témoignent d'intérêts divergents (exploitants, associations environnementales, InVs, IRSN, experts universitaires...).

Enfin, nous concluons sur le devenir de tels résultats, et sur les perspectives de santé publique pour le Registre Général des Cancers qui dorénavant, compte tenu des résultats apportés par l'étude, doit raisonner bien au-delà de la problématique des anciens sites d'exploitation d'uranium.

¹²⁶ En décembre 2009, nous avons remis une synthèse méthodologique de 66 pages qui a été annexée au rapport du GT2, sans les résultats sur la région Limousin qui ont par contre été discutés en séance plénière du GEP

I. Méthodologie pour l'étude de la distribution géographique des principaux cancers incidents en Limousin

Les analyses géostatistiques pour l'identification d'agrégats consistent à prospecter statistiquement sur le voisinage des individus (géolocalisation des cas incidents ou unités spatiales de dénombrement) jusqu'à trouver une structure spatiale dont l'incidence est anormalement élevée. Le Ratio Standardisé d'Incidence (SIR) est l'indicateur principal utilisé pour ses prospections spatiales. L'essai géomatique que nous proposons a consisté à s'inscrire dans une logique de complémentarité des approches dites classiques. En outre, nous proposons une méthode inédite d'analyse des SIR dans un emboîtement d'échelle (dans la présente étude, de la commune au bassin de vie), prenant ainsi en compte la dimension sociale dans la géométrie des territoires étudiés (dynamique démographique, accès aux équipements et migrations pendulaires). Les apports de cette méthode dénommée *Epicentre Géographique* sont alors mis en perspective au regard d'indices globaux et des investigations classiquement menées.

Le screening sanitaire a été conduit en trois temps. La première étape permet de constituer le (ou les) quorums (corpus de cas incidents sur la période d'étude) spécifiques à l'étude. La seconde vise à mettre en place des indices globaux (mesures de dispersion, d'autocorrélation pour l'ensemble de la région). Ces indices permettent de répondre à la question suivante : la répartition géographique des cas répond-elle à une distribution homogène dans l'ensemble de l'espace étudié (loi de Poisson) ou présente-t-elle une structure spatiale « non aléatoire » des cas ? Enfin, la troisième étape consiste à réaliser une cartographie infrarégionale de l'incidence : les agrégats sont repérés et identifiés grâce à des représentations spatiales spécifiques (SIR lissés, SIR emboîtés et représentations des statistiques spatiales de Kulldorf). L'objectif est de localiser des structures spatiales agrégatives et de lire un gradient potentiel dans son organisation spatiale. L'ensemble des résultats doit témoigner d'une convergence cohérente lors des interprétations. La dualité des méthodes (représentations spatiales des SIR et tests statistiques) met en évidence des différences et des similitudes qui alimentent les discussions.

A. La constitution de(s) quorum(s)

Un débat au sein du GT2 a permis d'arrêter une liste des pathologies cancéreuses à étudier au regard des intérêts étiologiques liés à la proximité entre les anciens sites d'exploitation d'uranium et les espaces résidentiels. Dans le cas de notre démarche géographique, les quorums à étudier ont été constitués à partir d'une source unique : le Registre Général des Cancers du Limousin¹²⁷.

1. Intérêts étiologiques pour la sélection des quorums

Les références bibliographiques sur les relations étiologiques entre cancers et uranium sont nombreuses. Elles le sont encore plus si l'on ajoute toutes les recherches incluant les autres substances utilisées dans le cadre de l'exploitation uranifère (acide de lixiviation, aluminium pour la décantation...). Le point bibliographique suivant n'est pas exhaustif, mais témoigne déjà de la nécessité d'une recherche concernant la plupart des pathologies cancéreuses.

Les relations entre cancers et uranium sont en effet largement étudiées tant du point de vue de l'exposition professionnelle que de l'exposition collective environnementale (exposition chronique de faibles doses : espaces résidentiels, zone de forte fréquentation...). L'exposition environnementale est investie tant dans les travaux universitaires que par les professionnels de la veille sanitaire. La présence d'uranium dans le milieu naturel (et les produits de sa désintégration et les résidus liés à son exploitation) a fait l'objet de nombreuses publications (Agency for Toxic Substances and Disease Registry ¹²⁸) ; l'exposition aux radiations, depuis des doses modérées jusqu'à élevées, augmentait le risque de cancer de nombreux organes (Buzatu et al, 2008). Pour certains cancers (thyroïde, sein, poumon ou leucémies), cette association était significative dès les faibles doses d'exposition (Wakeford, 2004). Les limites citées dans ces travaux relèvent fréquemment des méthodes d'évaluation de l'exposition et de la puissance statistique souvent insuffisante (Timarche et al, 2004). D'autre part, les études se limitent généralement à une seule source d'exposition, sans évaluer l'importance d'autres

¹²⁷ Nous soulignons ici le travail d'expertise (connaissance des codifications CIMO, identification des doublons et redressement en fonction des différentes sources, etc.) réalisé par Fabrice QUET, ingénieur hospitalier au RGCL.

¹²⁸ <http://www.atsdr.cdc.gov/>

facteurs environnementaux cancérigènes (Guesva Canu et al, 2008) qui pourraient interférer. Enfin, peu d'études prennent en compte simultanément, la radiotoxicité des éléments (exposition interne ou externe) et la chimiotoxicité (exposition interne ou externe, ingestion, inhalation ou contact).

Les études sur l'exposition professionnelle à l'Uranium (3 isotopes naturels ^{238}U , ^{235}U et ^{234}U) ainsi qu'à ses radionucléotides dérivés ont démontré son rôle dans la survenue de cancers des voies aérodigestives, ainsi que des tissus lymphatiques et hématopoïétiques (Guesva Canu et al, 2009).

L'association entre radiation et cancers des glandes salivaires, de l'estomac, du colon, des reins, des ovaires, du système nerveux central ou de la peau a également été rapportée sans que ces associations soient quantifiées selon des référentiels d'incidence. Peu d'études rapportent l'association entre radiation et cancers du foie, de l'œsophage, de myélomes multiples, de leucémies lymphoïdes chroniques (Vrijheid et al, 2008) ou bien encore de lymphomes non hodgkiniens. Leurs résultats sont, par ailleurs souvent contradictoires. D'autres cancers comme la maladie d'Hodgkin, les cancers du pancréas, de la prostate, des testicules et de l'utérus ont rarement été associés à l'exposition à des radiations (Ron, 1998).

La chimiotoxicité de l'uranium serait d'avantage liée à ses formes solubles, passant rapidement dans le sang depuis les intestins ou les poumons (ingestion ou inhalation) (Bleise et al, 2003). Environ 90% de l'uranium dissout dans le sang serait éliminé dans les quelques jours suivant une exposition unique (Harley, 1999). La rétention au niveau des os et des reins d'une partie de l'uranium pourrait causer des dégâts irréversibles en cas d'exposition prolongée.

Une liste définie des pathologies à étudier avait été arrêtée lors du second séminaire de travail avec le groupe restreint du GT2. En présence de médecins spécialisés (dont le médecin du travail Areva), les arguments considérant que nous ne pouvions prétendre à une connaissance pérenne sur l'état des recherches (liste arrêtée des cancers à étudier), ont favorisé une démarche exhaustive, c'est-à-dire le spectre le plus large possible des pathologies d'intérêt étiologique (tableau 10). Il a aussi été considéré que dès que la puissance statistique le permettait, les quorums devaient être établis par sexe pour les 22 localisations cancéreuses alors analysables pour le Limousin.

Pathologies étiologique	cancéreuses d'intérêt	Codes CIMO3		F	H	Total
		Localisation	Morphologie			
ORL (Lèvre, bouche, pharynx, sinus, annexe de la face et larynx)		C00 à C14 et C30 à C32	Toutes	211	1 242	1 453
Oesophage		C15	Toutes	48	345	393
Estomac		C16	Toutes	276	431	707
Colon - rectum - anus		C18 à C21	Toutes	1 449	1 822	3 271
Foie		C22	Toutes	46	164	210
Pancréas		C25	Toutes	90	129	219
Appareil respiratoire		C33 à C39	Toutes	318	1 529	1 847
Os et cartilages		C40 à C41	Toutes	18	34	52
Peau (tumeurs épidermoïdes)*		C44	80503 à 80843	1018	1 367	2 385
Mélanome		Toutes	87203 à 87743	321	287	608
Sein		C50	Toutes	3 456	41	3 497
Ovaires		C56	Toutes	295		295
Prostate		C61	Toutes		4 923	4 923
Testicule		C62	Toutes		107	107
Rein		C64	Toutes	184	366	550
Vessie		C67	Toutes	179	866	1 045
Système nerveux central		C70 à C72	Toutes	124	170	294
Thyroïde		C73	Toutes	274	107	381
Leucémie Lymphoïde Aiguë*		Toutes	98213, 98263, 98353, 98363, 98373, 98403, 98613, 98663, 98673, 98703, 98713, 98723, 98733,	8	14	22
Leucémie Myéloïde Aiguë		Toutes	98743, 98913, 98953, 98963, 98973, 99103, 99203.	74	87	161
Lymphome malin non Hodgkinien		Toutes	96703 à 97293	347	384	731
Tous cancers		C00 à C80	Toutes	10 496	15 332	25 828

Tableau 10 : Pathologies cancéreuses sélectionnées pour leur intérêt étiologique, codes CIMO-3 et nombres de tumeurs en fonction du sexe enregistrées par le Registre Général des Cancers du Limousin, pour les années 1998-2004

2. La base de données du Registre Général des Cancers en Limousin

Pour chaque cancer, le lieu de résidence était déterminé par le code Insee de la commune de résidence à la date du diagnostic.

Tous les cancers enregistrés par un Registre sont au préalable objectivés soit par une preuve anatomopathologique, soit par un faisceau d'arguments (comptes rendus cliniques, comptes rendus de concertation pluridisciplinaires, etc.) conformément aux recommandations du réseau FRANCIM. Une fois collectées, les informations relatives aux tumeurs sont codées selon la Classification Internationale des Maladies Oncologiques (Classification CIMO).

Actuellement la 3^{ème} version de cette classification CIMO-3 (figure 61) permet de préciser 4 niveaux de description pour l'ensemble des tumeurs solides et des hémopathies malignes objectivées : la localisation anatomique de la tumeur, la morphologie ou histologie de la tumeur, le comportement de la tumeur (invasif ou non), le grade de différenciation.

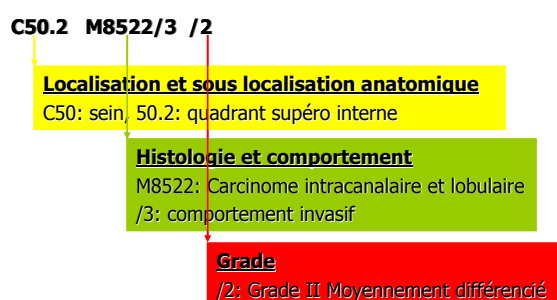


Figure 61 : Exemple de codification d'une tumeur selon la classification CIMO-3

Grâce à cette codification, nous avons pu réaliser les extractions de données nécessaires à la réalisation de l'étude (tableau 10).

Le travail de confirmation, de recoupement et d'enrichissement d'informations, pour l'ensemble des informations, est réalisé auprès de multiples sources d'information, intra et extrarégionales, représentées par l'ensemble des acteurs impliqués, directement ou non dans la prise en charge des patients cancéreux (figure 62). L'objectif d'exhaustivité et de validité des données du registre repose principalement sur la participation active de ces sources d'information.

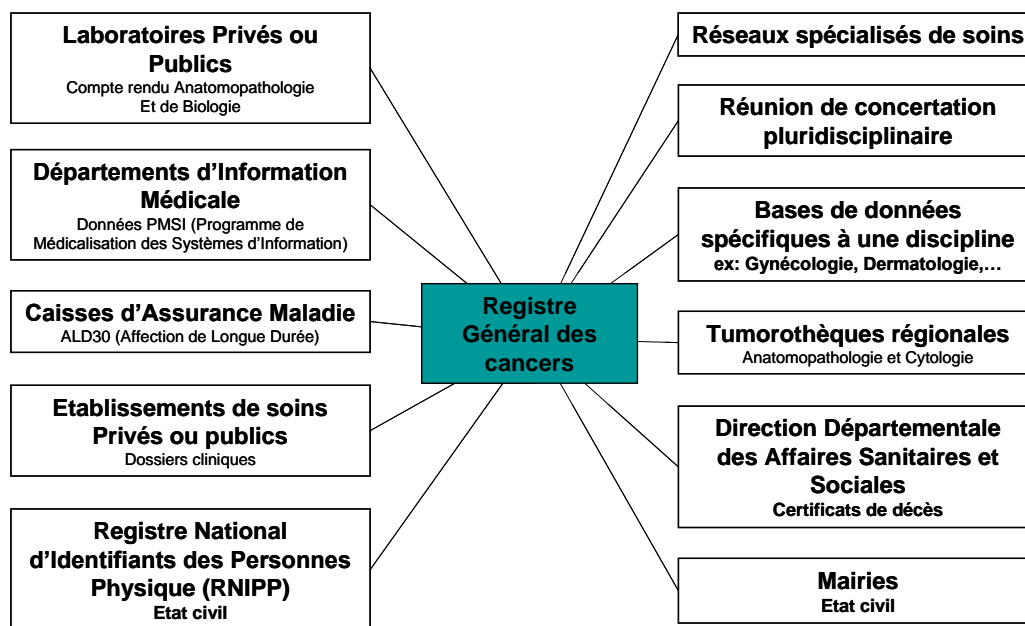


Figure 62 : Les sources d'informations sollicitées par le Registre Général des Cancers du Limousin

L'exhaustivité de la source d'informations doit être étudiée, notamment lorsqu'elle est issue d'un système d'enregistrement automatisé. Des indicateurs statistiques permettent d'apprécier l'exhaustivité de la source, mais ils ne peuvent dissocier la sous-incidence territoriale détectée de fuites d'enregistrements vers des territoires limitrophes.

Lorsque l'on souhaite travailler à partir d'une source sanitaire exhaustive, fiable et facilement mobilisable, une collaboration avec un registre général des cancers est une situation optimale. Toutefois, la méthode utilisée pour évaluer son exhaustivité consiste principalement à comparer annuellement les taux enregistrés avec ceux du réseau FRANCIM (références nationales), en cherchant à identifier les écarts anormalement élevés. Une spécificité régionale par rapport à la moyenne nationale peut parfois expliquer certains écarts, mais la dissocier d'un défaut d'enregistrement de cas est impossible. Pour que l'analyse critique de la source d'information soit complète, nous avons mis en place un indice permettant d'apprécier l'exhaustivité spatiale en détectant les sous-incidences significatives¹²⁹. Cette cartographie revient à se demander si les nouveaux cas de cancer bénéficient de la même chance d'être enregistrés par le registre général sur l'ensemble de la région (figure 63).

¹²⁹ La méthode de calcul est exposée dans la partie suivante : Le Ratio Standardisé d'Incidence (SIR)

Cantons significativement sous incidents

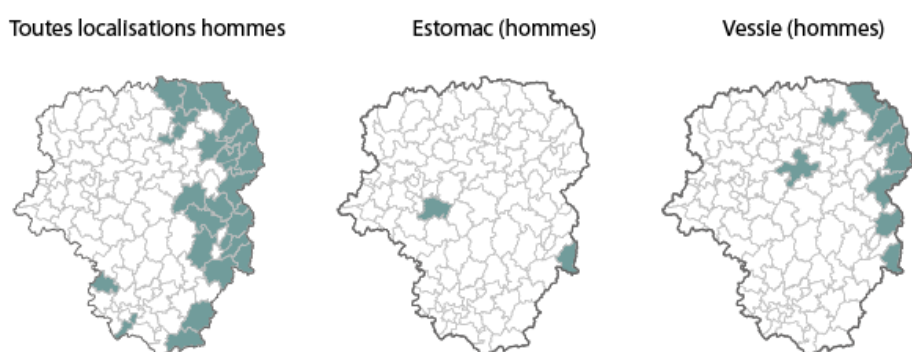


Figure 63 : Cartes des sous-incidences des pathologies cancéreuses à l'échelle cantonale : hétérogénéité de l'incidence, fuites d'enregistrements, absence de diagnostic en milieu rural, etc.

Lorsque la carte témoigne d'un regroupement des cantons sur une bordure (comme la bordure est dans l'exemple « toutes localisations Hommes », figure 63), nous pouvons supposer que la source sanitaire est déficitaire. La première raison susceptible d'expliquer cette distribution géographique est qu'un nombre important de patients résidant à l'est s'adressent à un centre hospitalier hors de la région (Clermont Ferrand, Montluçon, etc.) qui n'est pas en relation avec le registre. Sur la figure 63, cette situation semble être le cas pour la vessie, mais pas pour l'estomac. Cependant, ces sous incidences peuvent aussi être liées à d'autres facteurs : une absence de diagnostic ou un choix de « non traitement » des sujets très âgés situés en zones rurales éloignées des centres curatifs, etc.

Nous ne pouvons corriger ponctuellement notre source au risque de ne plus avoir les mêmes méthodes d'enregistrements pour l'ensemble de nos quorums. Il est par contre important de garder en mémoire cette information afin de relativiser le cas échéant, la puissance statistique des agrégats observés dans la partie géographiquement opposée aux zones de sous incidence.

B. La démarche procédurale des études d'incidence

Dans les méthodes spécifiques utilisées dans les travaux géo-statistiquement avancés en épidémiologie spatiale, il existe 4 points fondamentaux (correspondant à des postulats de recherche) qui régissent les études d'incidence : le choix de la standardisation, de l'unité

spatiale de dénombrement (cas observés et cas attendus), le calcul du Ratio Standardisé d'Incidence comme indicateur unique de la mesure d'incidence et enfin, son intervalle de confiance permettant de mettre en évidence les valeurs significatives.

1. La standardisation directe et indirecte

Les premiers indicateurs de santé qui reflètent la fréquence d'un événement sont les taux. Un taux est le rapport entre le nombre de personnes présentant l'événement étudié et l'effectif de la population concernée, pendant une période de temps définie.

Exemple: on observe une année, 100 000 patients pour une population moyenne de 10 millions d'habitants pendant cette période: $\text{taux} = (100\,000/10\,000\,000) \times 1000 = 10$ pour mille hab. /an

L'opération permet donc de calculer, pour chaque population à comparer, des taux spécifiques (par âge, par sexe, etc.). Les taux sont ainsi comparables directement pour chaque classe d'âge par exemple. Cette méthode a l'inconvénient de ne pas permettre une comparaison globale, et donc peut conduire à une mauvaise évaluation générale du phénomène étudié. Pour aller plus loin, il faut s'appuyer sur une standardisation dont l'objectif consiste à éliminer l'effet des différences entre populations à comparer pour la variable considérée (*après une standardisation sur l'âge, une différence entre les taux obtenus n'est donc pas le fait de l'âge*). Il existe ainsi deux méthodes de standardisation, correspondant à deux problèmes distincts :

- Pour comparer de grandes populations entre elles, on utilise généralement la *standardisation directe* qui consiste à définir une population de référence. On fait en sorte que chacune des populations à comparer ait une structure d'âge identique à celle de la population de référence. Les taux qu'on calcule alors pour chacune des populations sont appelés taux standardisés ou taux spécifiques.
- Pour comparer l'incidence d'une maladie dans une petite population par rapport à celle d'une grande population, on utilise alors une méthode de *standardisation indirecte* en raison de la variabilité des taux par classe d'âge dans la petite population. La finalité consiste à calculer le nombre de *cas attendus* dans la petite population en lui appliquant les taux existant dans chaque classe d'âge de la grande population. La comparaison avec les *cas effectivement observés* est réalisée sous forme d'un ratio appelé SIR (que nous présentons un peu plus loin).

2. Unité spatiale (US) et Petite Unité Géographique (PUG)

Toutes les analyses se définissent en fonction de l'unité statistique de base. Dans l'approche collective, il faut définir l'unité spatiale (US) utilisée pour le dénombrement : très fréquemment la commune en France, le district en Allemagne, etc. L'unité statistique la plus petite (en terme spatial) est alors appelée Petite Unité Géographique ou PUG (Thouez, 2005). Elle correspond généralement à la plus petite unité géographique des référentiels de diffusion des données des Recensement Généraux de Population (quartiers, communes). A cette échelle, le recensement par classe d'âge est compatible avec l'information de la source sanitaire, compatibilité indispensable pour la standardisation (et le calcul du nombre de « personnes années » selon la durée d'observation). Pour l'étude qui nous concerne, la PUG pour étudier la distribution des cas à l'échelle infra régionale est la commune.

La raison principale qui explique ce postulat est l'exploitation automatisée des informations du registre : l'information permettant une géolocalisation des cas observés est le code Insee (individualisant chaque commune de résidence). Pour descendre à l'échelle la plus fine compatible avec les référentiels démographiques (Iris : quartier urbain/commune rurale), il faudrait réaliser un géocodage à l'échelle de l'adresse postale. Cependant, avec une source où l'adresse postale est saisie sans aucune norme¹³⁰ (quand elle n'est pas déficitaire : plus du 1/3 des enregistrements) et par conséquent des outils de géocodage automatisé qui ne dépassent pas 30% de réussite au premier traitement, nous avons privilégié l'échelon communal comme PUG pour notre étude.

3. Le Ratio Standardisé d'Incidence (SIR)

Le Ratio Standardisé d'Incidence (SIR) permet une lecture des « sur » ou « sous » incidences par rapport à l'incidence de la population de référence. Il s'agit donc du rapport entre le *nombre de cas observés* et le *nombre de cas attendus* (calculés par standardisation indirecte). Son sigle vient de la traduction anglaise Standardized Incidence Ratio.

¹³⁰ Il existe des normes de saisie des adresses postales afin d'être compatible avec les outils de géocodage automatisé (exemple de norme : *Rivoli*)

La figure 64 montre le principe du calcul d'un ratio standardisé d'incidence par la méthode indirecte. Dans cet exemple, la comparaison concerne l'incidence d'une petite population C (communale) à celle d'une grande population de référence R (régionale).

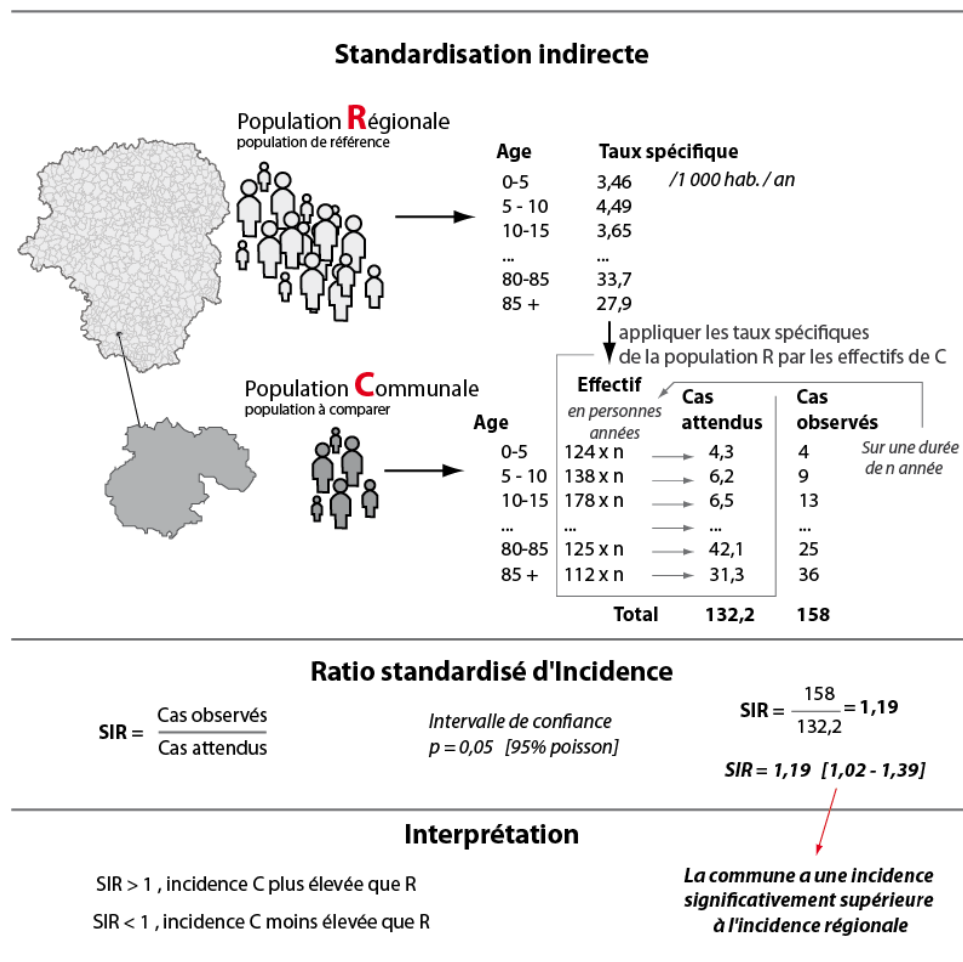


Figure 64 : Schéma simplifié du calcul du SIR par la méthode de standardisation indirecte

Une astuce : la somme des cas attendus de l'ensemble des communes doit être égale à la somme des cas observés.

C'est un bon moyen de vérifier ses résultats en cours de traitement.

La formulation statistique du calcul du SIR est présentée dans le document *Equation 1*

¹³¹Équation 1 : le Ratio Standardisé d'Incidence (SIR)

¹³¹ La rédaction des formules statistiques a été réalisée par JP Leleu, chercheur associé à GELOAB et impliqué dans ce contrat de recherche.

Le Ratio Standardisé d'Incidence (SIR)

Le SIR est ainsi une mesure du risque relatif de la population étudiée par rapport à une population de référence.

$$SIR = \frac{\text{observé}}{\text{attendu}}$$

Notation

On considère un ensemble de N régions $i=1, \dots, N$ et un ensemble de M classes d'âge $j=1, \dots, M$.

Ainsi pour la région i et la classe d'âge j , on a :

n_{ij} le nombre de personnes années accumulé pendant la période d'étude,

O_{ij} le nombre de cas de malades observés pendant cette même période,

E_{ij} le nombre de cas attendus

t_j le taux d'incidence pour la classe d'âge j (taux d'incidence spécifique).

Le choix de la population de référence peut être interne ou externe.

Dans le cas d'une population de référence interne, on considère ici que les t_j (taux de référence) sont les taux d'incidence par âge de l'ensemble des N unités spatiales. Le nombre de cas attendus pour chaque région est alors :

$$E_i = \sum_{j=1}^m n_{ij} t_j$$

On notera que :

$\frac{\sum O_i}{\sum E_i} = 1$, le nombre total de cas observés sur l'ensemble des N unités spatiales est égal au nombre de cas attendus.

j	n_j	t_j	E_j
0 à 4	7602	0.000000	0.00000
5 à 9	8435	0.000000	0.00000
10 à 14	9422	0.000000	0.00000
15 à 19	10577	0.000000	0.00000
20 à 24	11284	0.000000	0.00000
25 à 29	13447	0.000000	0.00000
30 à 34	11501	0.000000	0.00000
35 à 39	10367	0.000000	0.00000
40 à 44	10388	0.000006	0.05931
45 à 49	10647	0.000136	1.45056
50 à 54	10717	0.000649	6.95250
55 à 59	8050	0.002366	19.04946
60 à 64	7994	0.003885	31.05465
65 à 69	8554	0.006258	53.52740
70 à 74	7539	0.009378	70.70187
75 à 79	6678	0.008638	57.68184
80 à 84	3108	0.012548	38.99903
85 ou +	3619	0.005553	20.09476
total	159929	0.049416	E=299.57137

Tableau 1 calcul du nombre de cas attendu pour le cancer de la prostate, commune de Brive. Estimation du nombre de personnes-années entre 1998 et 2004 : RGP 1999. Taux de référence : registre des cancers du Limousin 1998-2004.

$$SIR = \frac{380}{299.57} = 1.27$$

Pour la même période on a observé 380 cas de cancers de la prostate :

La variabilité des SIR ne dépend pratiquement que du numérateur O_i , on considère les n_{ij} comme étant non aléatoire. Les O_i suivent une distribution de poisson d'espérance $\theta_i E_i$, ou θ_i

correspondant au vrai risque relatif de la région i dont le SIR est une estimation $O_i \sim P(\theta_i E_i)$

Équation 1 : le Ratio Standardisé d'Incidence (SIR)

Les effectifs doivent être raisonnés en « personnes années » afin de considérer la population exposée. Il faut déterminer ces effectifs par classe d'âge pour chacune des années de la période d'enregistrements des cas. Des techniques de lissages sont fréquemment utilisées pour interpoler ou extrapoler à partir des recensements généraux décennaux. Il s'agit alors de prendre en compte les dynamiques démographiques sur la période d'observation. Les articles parus concernant la fiabilité et la pertinence de ces techniques de lissage sont très critiques lorsqu'elles sont appliquées à la PUG (Benhamou et Laplanche 1991). A défaut de résultat probant, nous avons effectué une simple multiplication du chiffre officiel (RGP de l'Insee pour la France) le plus proche chronologiquement (1999) et multiplié par le nombre d'années de la période d'études. Ainsi, la première limite de notre méthode est l'absence de prise en compte de l'évolution démographique sur la période d'observation de l'incidence.

4. Intervalle de confiance et éligibilité

La valeur du SIR est l'indicateur unique dans l'évaluation de l'incidence relative de chaque commune. Comme pour la plupart des indices statistiques, il faut ensuite déterminer sa significativité. Dans notre cas, le seuil de significativité est défini au regard de l'intervalle de confiance à 95% selon la loi de Poisson (cf. document *Equation 2*). Une unité spatiale significative est dite *éligible* lorsqu'elle présente une incidence significativement supérieure à celle de la région et qu'elle mérite alors une attention particulière dans les prospections visant à identifier des agrégats. La continuité spatiale de communes éligibles s'interprète alors comme un agrégat spatial dans une lecture à petite échelle (carte à l'échelle régionale par exemple). Nous verrons un peu plus loin comment lisser spatialement les SIR pour optimiser la lecture des continuités et des gradients.

La notion d'éligibilité n'est cependant applicable que sur les SIR bruts. Les lissages (notamment bayésiens) ne sont plus compatibles avec cette logique dès lors que l'indice obtenu n'est « plus » directement observable sur le terrain.

Ces trois principes de bases en statistiques (standardisation indirecte, PUG, et SIR) sont les postulats méthodologiques que nous avons choisis. Ils constituent le socle commun nécessaire aux tests statistiques qui sont ensuite conduits à deux échelles distinctes : les tendances globales à l'échelle de la région et la cartographie de l'incidence permettant l'identification d'agrégats spatiaux à l'échelle infra régionale.

L'intervalle de confiance à 95% selon la loi de Poisson

L'intervalle de confiance à 95% peut être obtenu par la méthode exacte basée sur une loi de Poisson (table spécifique (Estève,1993) ou par approximation (Molier, 1990) par la formule suivante :

$$\frac{O_i}{E_i} \left(1 - \frac{1}{9 \cdot O_i} - \frac{1.96}{3\sqrt{O_i}}\right)^3 < SIR < \frac{O_i + 1}{E_i} \left(1 - \frac{1}{1(O_i + 1)} + \frac{1.96}{3\sqrt{O_i + 1}}\right)^3$$

De même, on peut calculer la probabilité que le SIR soit égal à 1 :

Ho : SIR égal à 1

$$\chi_{1ddl}^2 = \frac{(|O_i - E_i| - 0.5)^2}{E_i}$$

H1 : SIR différent à 1

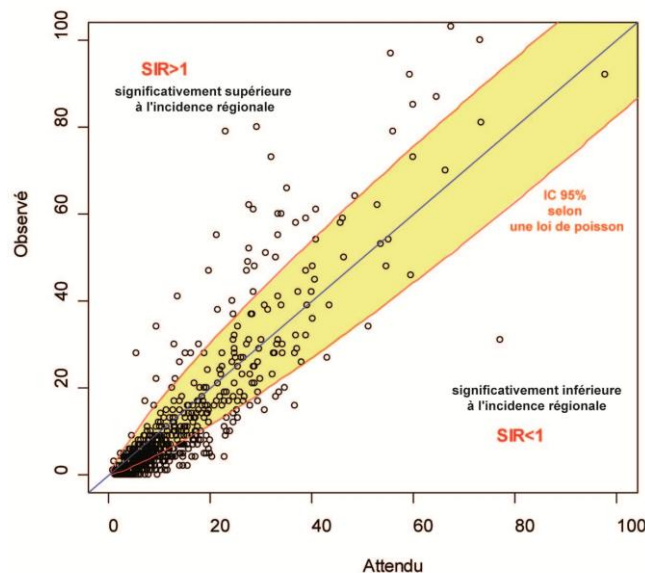
La formule précédente est valable pour $E_i >$ ou égal à 10. Dans le cas contraire, pour $E_i < 10$ on préférera la formule :

$$\chi_{1ddl}^2 = 9O_i \left(1 - \frac{1}{9O_i} - \left(\frac{E_i}{O_i}\right)^{1/3}\right)^2$$

$$O_i = O_i \text{ si } O_i \geq E_i$$

$$O_i = O_i + 1 \text{ sinon}$$

La droite de pente 1 délimite le diagramme en deux parties : dans la partie supérieure les SIR sont supérieurs à 1 et dans la partie inférieure ils sont inférieurs à 1. Les courbes délimitent des zones pour lesquelles la probabilité que le SIR soit égal à 1 est inférieure à 5%.



SIR Toutes pathologies Hommes / commune (1998-2004) et intervalle de confiance 95 % selon la loi de Poisson

Équation 2 : L'intervalle de confiance à 95% selon la loi de Poisson

C. La statistique globale

Les tests de statistiques globales servent à lire une tendance sur l'ensemble des unités statistiques. Nous en utilisons deux traitant respectivement des questionnements sur l'homogénéité et l'auto-corrélation spatiale.

1. L'homogénéité

Les tests statistiques pour rendre compte de la distribution des SIR sont nombreux (test du chi-deux, test de Pearson, test de Dean, test de Potthoff et Whittinghill...). Ces tests visent tous à identifier une hétérogénéité (qui différencie alors la distribution de la série d'une distribution aléatoire de type loi de Poisson), avec une puissance variable selon la valeur absolue du nombre de *cas attendus*.

Nous utilisons le test de Potthoff-Whittinghill (document *Equation 3*) qui mesure plus exactement la dispersion. S'il n'est pas significatif, la distribution est homogène et donc statistiquement, elle n'est pas différente d'une distribution suivant la loi de Poisson (sans organisation). Si le test est significatif, la distribution est donc statistiquement différente d'une distribution de Poisson. Plus sa valeur augmente, et plus l'hypothèse d'une organisation spatiale structurée des cas observés est possible. Ce test ne permet cependant pas d'identifier l'hypothétique structure spatiale sous-jacente.

Le test de Potthoff et Whittinghill

Un test de sur-dispersion, le test de Potthoff et Whittinghill (Harley, 1999) est donné par la statistique suivante:

$$PW = \sum_{i=1}^n E_i \sum_{i=1}^n \frac{O_i(O_i - 1)}{E_i}$$

En considérant les hypothèses suivantes :

l'hypothèse nulle $H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \dots \theta_n = \lambda$, PW suit asymptotiquement une loi normale de moyenne $\sum O_i(\sum O_i - 1)$ et de variance $2(n-1)(\sum O_i(\sum O_i - 1))$.

$H_1 : \theta_i$ suit une distribution Gamma.

L'acceptation de H_1 implique que la distribution des O_i suive une loi binomiale dont le paramètre de sur-dispersion est supérieur à 1 (variance > moyenne), H_0 implique également que les O_i suivent une distribution binomiale mais dont le paramètre de sur-dispersion est égal à 1, ce qui correspond à une loi de Poisson (variance=moyenne).

La mise en évidence d'une hétérogénéité pose alors la question d'une éventuelle structure spatiale.

Équation 3 : le test de Potthoff et Whittinghill

Le I de Moran

La notion de proximité géographique est variable et dépend de la problématique posée. On peut considérer que deux unités spatiales sont proches si elles ont une frontière commune, ce qui définit la contiguïté d'ordre 1. Cette proximité des unités spatiales peut alors être représentée par une matrice. La zone d'étude est partitionnée en N unités spatiales, constituant ainsi une matrice carré d'ordre N dont les éléments w_{ij} représentent cette contiguïté.

$w_{ij}=1$ si les unités spatiales i et j sont voisines

$w_{ij}=0$ si elles ne sont pas voisines,

Les éléments diagonales de la matrice sont bien évidemment tous égaux à 0, $w_{ii} = 0$ (une unité spatiale n'est pas voisine à elle même).

L'indice de Moran se calcule donc comme suit :

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - \bar{z}) (z_j - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})}$$

Où z_i correspond aux valeurs des SIR de chaque commune, \bar{z} à la moyenne des SIR sur l'ensemble de la zone d'étude, N est le nombre d'unités spatiales et w_{ij} les éléments de la matrice de voisinage.

le coefficient I varie de -1 à 1, $I = 0$ correspond à une absence d'autocorrélation,

$I > 0$ autocorrélation positive : « les voisins se ressemblent »

$I < 0$ autocorrélation négative : « les voisins sont différents »

Pour tester la présence d'une autocorrélation ou tester la significativité de la valeur de I , il faut préciser l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation spatiale, celle-ci dépend des hypothèses faites sur la distribution de la variable Z.

Classiquement deux hypothèses sont retenues :

- l'hypothèse de normalité : la variable Z suit une loi normale
- l'hypothèse de randomisation, la variable Z a une distribution quelconque et correspond à une permutation aléatoire des N valeurs de Z parmi les N unités spatiales.

Pour ces deux distributions, la distribution de I est analytiquement connue, ce qui permet de tester la signification de la valeur de I . Cependant, l'hypothèse de normalité n'est pas acceptable, la distribution des SIR étant en général asymétrique. Une des solutions est d'utiliser le logarithme des SIR ce qui a pour effet de normaliser la forme de la distribution (Molier, 1990). Une autre solution que nous avons retenue, est d'obtenir par simulation (inférence de Monte Carlo) la distribution de la statistique I sous l'hypothèse nulle appropriée, à savoir que le nombre de cas observés O_i suit une distribution de Poisson ou une distribution binomiale négative et indépendante des unités voisines (Gaudard 2007, Gomez-Rubio 2003).

Équation 4 : le I de Moran

2. L'autocorrélation spatiale

Jusqu'alors, nous n'avons fait aucune hypothèse quant à une éventuelle structure spatiale des taux d'incidence, nous supposons même que les SIR sont indépendants d'une commune à l'autre. Cependant nous pouvons aussi supposer que des unités spatiales proches les unes des autres sur le plan géographique aient des taux d'incidence proches d'un point de vue numérique. L'autocorrélation mesure ce phénomène.

L'indice de Moran (I de Moran), semble globalement plus apprécié que les autres tests d'autocorrélation (à l'égard du nombre de fois où il est utilisé dans les publications scientifiques. D'abord, l'indice de Moran, comme le coefficient de Geary (c de Geary), se base sur la moyenne et est donc peu sensible aux valeurs aberrantes. Il est moins fragile que le second car il mesure les écarts à la moyenne et non pas seulement les écarts entre voisins. D'un point de vue statistique, les deux indices sont pertinents, mais le I de Moran semble conserver un avantage sur le c de Geary (Cliff & Ord, 1981). Le résultat du calcul du I de Moran (document *Equation 4*) est d'interprétation aisée puisqu'il s'interprète comme un coefficient de corrélation classique. Il varie entre -1 (autocorrélation spatiale négative : les voisins ont des valeurs opposées) et +1 (autocorrélation spatiale positive : les voisins ont des valeurs semblables). Cependant la valeur du I de Moran peut parfois être supérieure à +1 ou inférieure à -1 (Cliff & Ord, 1981). Il n'est donc pas strictement borné entre -1 et +1. La valeur $-1/(n-1)$, qui tend très rapidement vers 0, marque l'absence d'autocorrélation spatiale. En pratique, on considère que l'autocorrélation spatiale est nulle lorsque l'indice se rapproche de 0. La significativité de cet indice est testée au regard de la loi de Poisson.

Le test de Potthoff-Whittinghill et le I de Moran, qui donnent des tendances globales à l'échelle régionale, servent alors d'indicateurs combinés et s'interprètent de la façon suivante : si l'hétérogénéité est significative et l'autocorrélation est positive, l'hypothèse de l'existence de structures spatiales sous jacentes est pertinente (tendances agrégatives de valeurs proches dans la ou les structure(s)). Si l'hétérogénéité est significative et l'autocorrélation est négative, alors l'hypothèse de l'existence de structures spatiales sous jacentes est probable mais aucune tendance agrégative n'est encore démontrée. Les variantes intermédiaires lorsqu'un seul indice est significatif n'interprètent alors qu'un seul phénomène, soit l'hétérogénéité, soit l'autocorrélation spatiale.

D. La cartographie de l'incidence

La réalisation de cartes à partir des SIR permet de visualiser et d'apporter une information rapide sur la structure spatiale des risques relatifs, sur l'identification de zones à risque fort ou à risque faible, d'une tendance agrégative... Nous présentons ici les différentes techniques cartographiques et statistiques que nous utilisons afin d'optimiser la lecture des représentations spatiales et d'identifier les agrégats régionaux.

1. Des SIR bruts aux SIR lissés

Les méthodes de lissages géographiques permettent d'optimiser la lecture de la distribution des SIR en lissant la valeur de chaque unité spatiale en fonction de la valeur de toutes ses unités voisines, pondérée par la valeur de l'ensemble des unités de la région.

De nombreuses méthodes de lissages ont été proposées (Estève, 1993). Nous utilisons les méthodes de lissages Bayésiens qui bénéficient de nombreux développements tant sur le plan théorique (Molier, 1990) que sur leurs mises en œuvres (Spiegelhater, 1999). Ces différentes méthodes permettent d'obtenir une estimation des risques par simulation.

Le modèle SOMME (Convolution Prior) fait l'hypothèse que le risque dépend de deux facteurs :

- un structuré spatialement selon une autocorrélation des risques (modèle CAR : Conditional AutoRegressive),
- un autre sans structure spatiale particulière et ayant une distribution normale.

Le modèle SOMME opère un lissage global et local : il tient compte de la valeur du SIR, de la précision avec laquelle il est calculé, des valeurs des unités spatiales voisines ainsi que du risque moyen de la région.

Nous avons utilisé le modèle Poisson-gamma lorsqu'aucune auto corrélation n'est mise en évidence. Ce modèle fait l'hypothèse que les cas observés suivent une distribution de Poisson et les risques une distribution gamma. Ce modèle opère un lissage global dans lequel aucune structure spatiale n'est prise en compte. Les SIR sont ramenés vers le risque moyen de la région, ce lissage est d'autant plus marqué que les SIR estimés sont peu précis.

La valeur des SIR lissés est obtenue à partir de la moyenne des 10 000 dernières valeurs générées (à configurer selon le logiciel utilisé). Le nombre total d'itérations nécessaires variant de 30000 à 50000 selon les modèles, la convergence des variables a été vérifiée de manière graphique.

2. L'épicentre géographique

La méthode de l'épicentre géographique s'inspire d'un lissage des SIR voisins dans une logique de lecture emboîtée d'unités spatiales socialement cohérentes. Cette méthode est conduite à partir des SIR bruts significatifs (dont l'IC95%poisson est >1) à différentes échelles. La synthèse cartographique est alors réalisée de sorte à laisser une trace de toutes les unités spatiales significatives. Cette logique géographique consiste à comprendre comment des unités spatiales au dénominateur de cas attendus croissants s'emboîtent. Le lissage s'opère ainsi dans un changement d'échelle à partir de plusieurs unités spatiales emboîtées. Pour l'explication méthodologique, nous utiliserons trois unités spatiales : le bassin de vie, le canton et l'Iris (les bassins de vie sont constitués de plusieurs cantons, eux même constitués de plusieurs Iris).

La plus grande unité spatiale utilisée pour la démonstration est le bassin de vie : *le bassin de vie est le plus petit territoire sur lequel les habitants ont accès à la fois aux équipements et à l'emploi* (Insee, 2004). Le Limousin en dénombre 49. La sectorisation spatiale (résultant d'agrégats de communes) est réalisée à partir d'indicateurs multiples (Julien P, 2004) relatifs aux dynamiques démographiques, aux équipements et à l'étude des migrations, notamment pendulaires.

La seconde échelle est le canton qui regroupe plusieurs communes rurales et généralement tous les quartiers de la même commune urbaine par sa mission de découpage électoral : *le canton est une circonscription électorale dans le cadre de laquelle est élu un conseiller général* (Insee, 2008). Le Limousin en dénombre 96.

Enfin, l'Iris est la plus petite unité (la PUG). En France, il s'agit (en 2009) de la plus petite unité de diffusion de données sociodémographiques (correspondant à un quartier en milieu urbain et à une commune en milieu rural). Le Limousin en dénombre 842.

La figure 65 présente le protocole d'analyse spatiale à conduire, réalisable à partir de tous les logiciels SIG, vectoriel ou raster. Une unité spatiale est considérée comme éligible¹³² lorsque le SIR est significativement supérieur à la population de référence (un SIR brut dont l'IC 95% > à 1). Ce principe est appliqué sur les trois couvertures cartographiques. Nous calculons ensuite pour chaque Iris (la PUG) le nombre de fois où elle appartient à une unité spatiale éligible. Le score peut ainsi varier de 0 à 3 (en comptant la fois où elle est éligible à l'échelle de la PUG).

La seconde étape consiste à recalculer les SIR dans les agrégats d'Iris contigus de même niveau. Le résultat permet de dresser une carte d'espaces sur incidents de tailles variables, emboîtés ou juxtaposés, dessinant le plus souvent un gradient croissant du SIR, de l'extérieur vers l'intérieur, de la périphérie vers l'épicentre de l'agrégat.

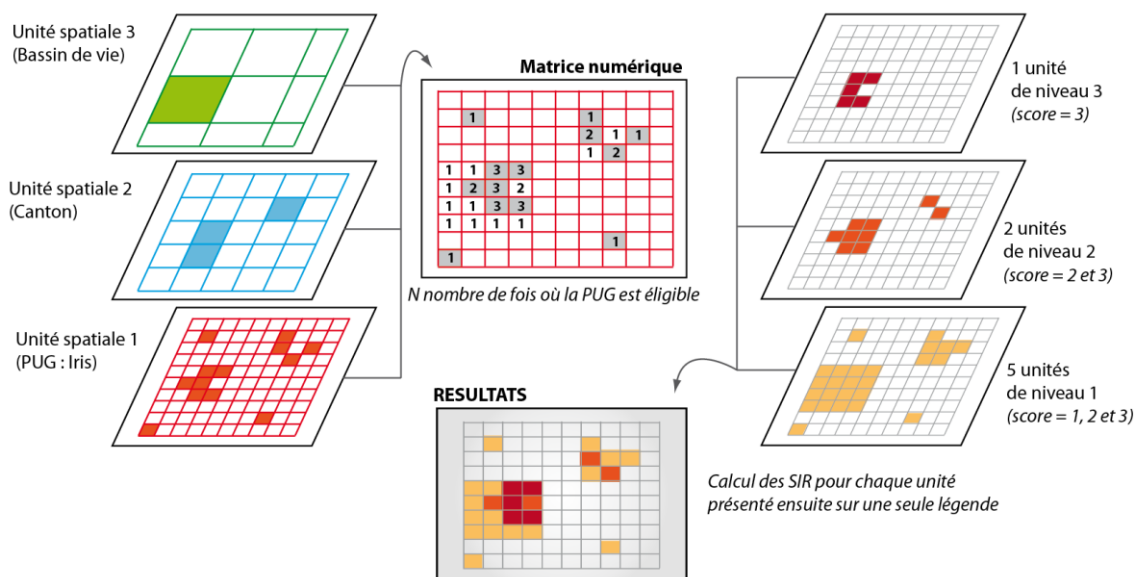


Figure 65 : Principe de la méthode de l'Epicentre géographique

Cette méthode est transposable à différentes échelles (région / pays / continent / monde) et dans différents pays (en trouvant les correspondances nationales des unités administratives emboîtées).

¹³² Cf. dans la partie précédente : *Intervalle de confiance et éligibilité*

Comme nous l'avons déjà signalé, le géocodage des cas enregistrés par le registre ne peut se faire qu'à l'échelle de la commune. Les 3 unités spatiales utilisées dans le cadre de l'étude sur les cancers du Limousin sont de la plus petite à la plus grande : la commune, le canton et le bassin de vie¹³³. Cette méthode est en cours d'approfondissement : les mesures de la variabilité de l'intervalle de confiance et de la contribution de chaque commune dans l'évolution des résultats liés au changement d'échelle devraient améliorer cette méthode. Un test de vraisemblance à l'intérieur et à l'extérieur des agrégats permettra également de préciser la significativité (p).

3. Méthode de balayage de Kulldorf (Spatial Scan Statistic)

La méthode de balayage de Kulldorf, une référence internationale dans les ressources de clustering, est la plus fréquemment utilisée dans les approches écologiques à petite échelle. Ce succès est construit sur une statistique reconnue et validée, agrémentée d'un logiciel libre de droit pour mettre en œuvre la statistique (logiciel SatScan¹³⁴).

Cette méthode permet d'identifier un ou plusieurs agrégats potentiels à l'aide d'une fenêtre balayant la zone d'étude (Kulldorff 1995, 2009). Cette fenêtre de forme circulaire ou elliptique se déplace sur la zone d'étude, soit de manière régulière suivant une grille de points, soit à partir des coordonnées des centroïdes appartenant aux différentes unités spatiales.

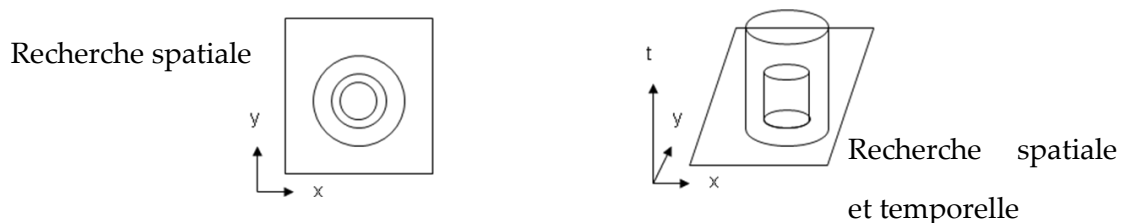


Figure 66 : principe du balayage de la statistique de Kulldorf

¹³³ L'unité spatiale inférieure (l'Iris) sera utilisée dans le chapitre suivant

¹³⁴ Le logiciel utilisé est SatScan 8.0 [4], disponible en téléchargement gratuit sur <http://www.satscan.org>.

Ces fenêtres varient aussi en taille : le rayon varie de 0 à une limite maximum fixée par l'analyste (en général cette limite est fixée de sorte à ne pas recouvrir plus de 50% des unités spatiales).

On obtient ainsi un grand nombre de fenêtres de tailles différentes plus ou moins superposées. Chaque fenêtre peut potentiellement concerner un agrégat. Pour chacune, une statistique basée sur le rapport de vraisemblance teste la relation entre le nombre de cas observés et attendus, à l'intérieur et à l'extérieur de la fenêtre (selon l'hypothèse nulle que les cas observés sont répartis selon une loi de Poisson et que le risque est constant sur l'ensemble de la zone d'étude). L'hypothèse alternative est donc la suivante : il existe au moins une fenêtre où le risque est différent à l'intérieur par rapport à l'extérieur (document *Équation 5*).

Détection d'agrégat par la statistique de Kulldorf

La localisation de la zone d'agrégat la plus probable est alors définie par:

$$\max_z \frac{L_1(z)}{L_0} = \max_z \left\{ \left(\frac{o_z}{e_z} \right)^{o_z} \left(\frac{O - o_z}{E - e_z} \right)^{O - o_z} 1_{\left\{ \frac{o_z}{e_z} > \frac{O - o_z}{E - e_z} \right\}} \right\}$$

(Spiegelhalter, 1999)

o_z et e_z sont les nombres de cas observés et attendus dans la zone z

A chaque fenêtre est associée une zone z composée des communes dont les centres sont inclus dans la fenêtre. Pour chaque zone, le rapport de vraisemblance est sous l'hypothèse d'une distribution Poissonnienne des cas, avec un risque p à l'intérieur de la zone, q à l'extérieur.

Équation 5 : Statistique de détection d'agrégat selon Kulldorf

La fenêtre qui a le rapport de vraisemblance le plus élevé est considérée comme un agrégat potentiel. La signification de la valeur du rapport de vraisemblance ne peut être obtenue de manière analytique car la distribution de cette statistique n'est pas connue. Par contre, elle peut être obtenue de manière empirique par simulation (inférence de Monte Carlo), ce qui permet d'obtenir le degré de signification de la valeur calculée. Un agrégat sera donc identifié pour la fenêtre qui présente le rapport de vraisemblance le plus élevé et pour lequel le degré de signification p est inférieur à une valeur seuil (en général $p < 0,05$).

Nous avons effectué les analyses avec l'option uniquement spatiale, selon une distribution de Poisson, à la recherche de clusters à haut risque. Le nombre de simulations de Monte Carlo a été fixé à 999. La taille maximum du cluster potentiel a été fixée à 20% de la population à risque (un test à 30% était tenté lorsque le résultat était négatif). Il peut être intéressant de faire varier cette valeur afin de déterminer si un agrégat de grande taille n'est pas constitué de deux petits. Concernant la forme de la fenêtre, les deux options circulaire et elliptique (carte de gauche, figure 67) sont utilisées de manière systématique, ce qui évite de faire un choix à priori sur la forme de l'agrégat.

Représentations spatiales de la statistique de Kulldorf

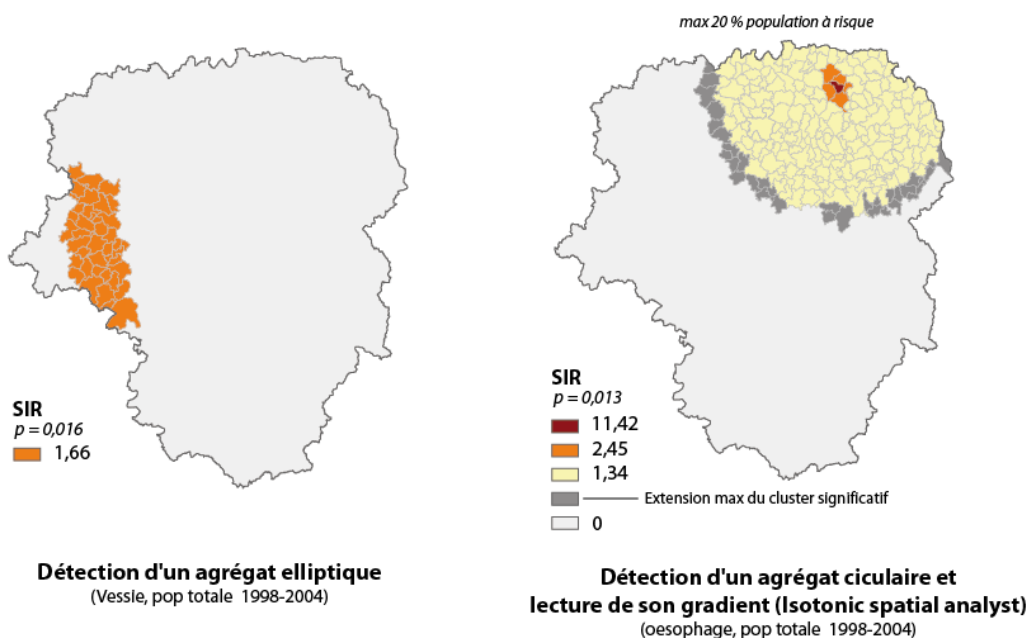


Figure 67 : Représentations spatiales des résultats de la statistique de Kulldorf

L'option [isotonic spatial scan statistic] permet de tester l'hypothèse d'une décroissance du risque du centre de l'agrégat vers la périphérie, (carte de droite, figure 67) cette option n'est utilisable qu'avec une fenêtre de forme circulaire. Ce test doit être réalisé en deuxième intention, lorsqu'un agrégat de forme circulaire est détecté et est composé d'un nombre suffisant d'unités spatiales.

En plus de l'ajustement sur l'âge réalisé par la standardisation indirecte, il est possible de prendre en compte d'autres variables grâce à l'option [Space and Time Adjustments]. Nous

avons utilisé la densité de population si celle-ci était significative dans un modèle de régression de Poisson. En effet, une relation significative entre l'incidence d'une pathologie donnée et la densité de la population signifie que cette dernière a une influence sur la distribution des cas observés (ce qui n'a rien d'anormal notamment lorsque l'on songe aux habitudes de vie qui diffèrent entre le monde urbain et le monde rural par exemple). Les agrégats que nous recherchons ne sont donc testés statistiquement que dans la statistique de Kulldorf. Pour la méthode de l'épicentre géographique, elle est construite uniquement à partir d'unités spatiales (communes, cantons et bassins de vie) qui sont significativement supérieures à l'incidence régionale. Pour le lissage bayésien, toutes les unités spatiales sont représentées y compris celles qui ne sont pas significatives.

4. Récapitulatif de la méthode d'identification et de représentation spatiale d'agrégats spatiaux

Pour conclure sur la méthode d'identification des structures spatiales agrégatives, le récapitulatif suivant insiste sur les critères d'interprétations qui seront utilisés.

Le matériel utilisé relève d'une source sanitaire unique et exhaustive, gérée par un personnel compétent et habilité (Registre Général des Cancers en Limousin). L'unité de dénombrement la plus petite est la commune (747 en Limousin) et le SIR l'indicateur unique de mesure d'incidence.

Nous réalisons deux tests à l'échelle globale (régionale) :

- Le *test de Potthoff et Whittinghill* qui permet de détecter les pathologies présentant une distribution différente d'une loi de Poisson (homogène sur l'ensemble de la région)
- Le *I de Moran global*, qui permet de supposer des tendances spatiales agrégatives en fonction des valeurs voisines de SIR pour des communes limitrophes.

Puis, la cartographie de l'incidence infra régionale s'exprime à partir de trois types de représentations spatiales :

- Les *SIR lissés*, qui optimisent la lecture de la distribution spatiale des SIR bruts
- Les *Epicentres Géographiques*, méthode qui permet l'étude du changement de SIR dans des unités spatiales emboîtées
- La *statistique de Kulldorf*, référentiel géostatistique internationale pour l'identification d'agrégats

La confirmation d'agrégat s'opère de façon certaine lorsqu'il existe une cohérence entre les 3 représentations, d'autant plus si les résultats sur l'homogénéité et l'autocorrélation vont dans le même sens. Plusieurs approches statistiques sont expérimentées et ce n'est que sur une synthèse intégrant l'ensemble des résultats que nous concluons (ou non) à l'existence de structures agrégatives.

II. Méthodologie pour la mesure des relations avec l'environnement

Dans la plupart des investigations épidémiologiques sur l'étiologie des cancers, les facteurs environnementaux dominants (autres que celui suspecté) ne sont généralement pris en compte que dans des petites unités spatiales (école, usine, quartier). A l'échelon communal, les agents toxiques carcinogènes auxquels une partie de la population est soumise sont pourtant déjà nombreux : pesticides, divers produits issus d'activités industrielles... D'autres sources d'exposition suspectées peuvent également complexifier la notion d'exposition collective à l'échelle communale (champs électromagnétiques, géochimie des roches...).

Nous avons intégré à notre démarche, la notion de *score environnemental communal* que nous appelons *facteur*. La PUG étant la commune, nous avons ordonné un *indice* (valeur du facteur) de 0 à 3 pour chaque commune et pour chaque facteur environnemental dont l'information (géographique) est facilement mobilisable à partir d'un référentiel national (souci de mettre en place une méthode facilement transposable). Nous avons donc mis en place des indices établis à l'échelle communale dont le niveau 0 indique qu'aucune exposition n'est recensée, alors que l'indice 3 précise que la population est exposée au plus haut échelon régional.

Dans un premier temps, nous avons raisonné au regard de l'exploitation uranifère (l'indice EASEU). Cet indice est construit sur des valeurs quantitatives toutes relatives à l'ampleur de l'activité des sites (type d'activité, durée et volume traité...) et à leurs héritages (aménagement et/ou obstructions des puits et galeries, réhabilitations des mines à ciel ouvert...). Ensuite, nous avons construit un indice similaire pour 6 autres facteurs considérés comme une exposition collective environnementale comparable : les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), les sites industriels passés et présents, les champs électromagnétiques, l'activité agricole, les axes routiers et l'aléa radon. Ces indices

consistent à faire état de la présence d'autres sources de pollutions potentielles dans les communes : une forme de confusion environnementale possible.

La mise en relation des cas incidents de cancers avec ces facteurs environnementaux s'est opérée par un test statistique. Le plus pertinent nous a semblé être une régression de Poisson. Les résultats attendus consistent à montrer si la superposition entre la localisation des anciens sites d'exploitation d'uranium et les cas incidents de cancers n'est pas le fait d'une distribution homogène, mais d'une organisation spatiale spécifique. Les résultats sont alors exprimés par un Risque Relatif. Cette régression de Poisson permet de mettre en relation la valeur du SIR de chaque pathologie étudiée avec une valeur ordinaire d'Exposition aux Anciens Sites d'Exploitation d'Uranium (EASEU). Au même titre que l'hypothèse qu'une relation spatiale peut exister entre cancers et localisations des sites, des hypothèses similaires (6 autres facteurs environnementaux) sont intégrées dans le modèle final.

A. Construction d'indices environnementaux à l'échelle régionale

Il nous a semblé nécessaire de mesurer les relations au-delà d'un commentaire empirique issu de l'observation de la superposition des résultats du screening sanitaire et de la localisation des sites. Dans le même esprit, l'interprétation des résultats et l'analyse critique de notre démarche s'avèreraient difficiles en l'absence de tests comparatifs réalisés sur les autres facteurs environnementaux d'exposition collective. Nous avons donc cherché à exprimer la présence de différents facteurs à l'échelle de la PUG : d'abord l'Exposition aux Anciens Sites d'Exploitation d'Uranium (EASEU) puis différents facteurs que les membres du GT2 estimaient devoir traiter avec la même grille d'analyse.

1. Construction de l'Indice EASEU

L'indice d'Exposition aux Anciens Sites d'Exploitation d'Uranium (EASEU) a été réfléchi en fonction des informations mobilisables. Nous avons réalisé un premier état des lieux à partir du référentiel national : la base MIMAUSA (version actualisée en 2007) qui est le programme de l'état radiologique des sites miniers d'uranium français pilotée par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie et du Développement Durable. Finalement, nos échanges avec

AREVA¹³⁵ ont permis la mise à disposition d'informations plus exhaustives en cohérence avec nos premières investigations. L'inventaire des sites comprend aussi bien les sites de prospections, les sites d'extraction et de concassage, de stockage, de traitement, etc.

L'indice que nous avons mis en place prend en compte l'importance de l'activité (aspects quantitatif et qualitatif) et l'héritage (réaménagement de mines à ciel ouvert, sécurisation des entrées de galeries et de puits). Nous avons dans un premier temps testé plusieurs variables relatives à l'activité des sites (durée de l'exploitation, volume de roche brute extraite, volume de minerai extrait, longueur de galeries, nombre d'entrées ou de puits...). De nombreuses variables sont corrélées. Après une démarche exhaustive et empirique, l'indice a été construit à partir de 5 variables :

- Le volume total de minerai extrait
- La présence d'une unité de traitement ou de lixiviation
- Le stockage de déchets industriels
- Les modalités de comblement des mines à ciel ouvert
- Le nombre d'entrées de galeries et de puits.

L'indice, qui doit être à l'échelon communal (même unité statistique que pour le screening sanitaire), oblige donc à sommer les valeurs des chantiers et sites (stockage, traitement, concassage...) en fonction des communes sur lesquelles ils se situent.

Cet indice n'a pas de valeur continue, mais constitue une variable qualitative ordonnée. La classification se réalise dans un sens descendant (du plus élevé au plus bas) selon la logique suivante :

Indice 3

- Commune sur laquelle le(s) site(s) disposai(en)t d'une unité de traitement ou de lixiviation
- Commune sur laquelle le(s) site(s) assurai(en)t un stockage de résidus ou de déchets industriels
- Commune sur laquelle le(s) mine(s) à ciel ouvert ont été remblayées avec des résidus (et des stériles)
- Commune dénombrant plus de 20 puits et entrées de galeries (le seuil « marqué » de 20 puits et entrées de galeries, a été retenu par les acteurs du GEP).

¹³⁵ AREVA (anciennement Cogema) est un acteur du GEP, et les participants venant de cette société sont le plus souvent considérés comme des experts. Ancien exploitant et aujourd'hui gestionnaire de ces sites (avec des objectifs de 100% de réhabilitations), l'entreprise participe activement à l'ensemble des travaux et met à disposition l'information nécessaire.

Remarque : une fois ces communes mises à part, il ne reste normalement que des communes hébergeant des sites d'extraction et de concassage, et des sites de prospections.

Indice 2 : Commune dont le(s) site(s) a (ont) un bilan d'extraction supérieur à 10 tonnes

Indice 1 : Commune dont le(s) site(s) ont un bilan d'extraction inférieur à 10 tonnes

Indice 0 : Commune n'ayant jamais hébergé une activité d'exploitation d'Uranium

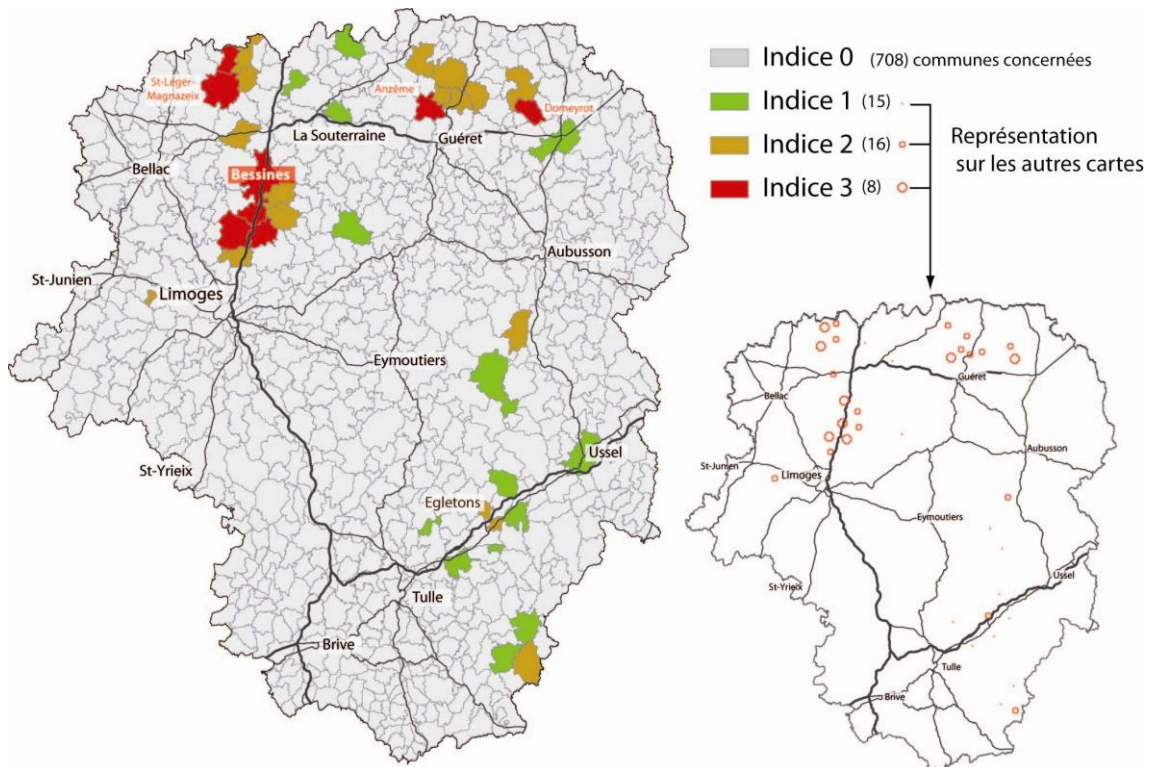


Figure 68 : Valeurs de l'indice communal EASEU pour le Limousin

2. Construction des autres indices environnementaux

L'objectif a consisté à mettre en place six indices similaires. Les sources d'informations utilisées sont mobilisables sur l'ensemble de la France métropolitaine (référentiels géographiques ou base de données des institutions nationales en charge des inventaires). Ces indices peuvent apparaître grossiers lors d'une lecture rapide mais ils sont pragmatiques au regard des archétypes des pollutions environnementales potentielles identifiées par le grand public. Les acteurs du GT2 ont validé l'ensemble de ces indices, et sont même à l'origine de l'un deux (axes routiers).

Les sites d'activités ayant potentiellement pollué les sols (Activités polluantes)

La première exposition qui a été sélectionnée (et qui par ailleurs recouvre l'indice EASEU) traite du thème de l'activité anthropique polluante (industrielle, artisanale, rejets, etc.). Le BRGM¹³⁶ a constitué une base de données très importante dénommée Basias. Cette base exhaustive des entreprises aux industries, passées ou présentes, est consultable par tous et des extractions par commune ou par département sont possibles à partir du site du BRGM¹³⁷. Cette source a le mérite d'être très exhaustive à défaut de s'avérer systématique juste à l'échelle ponctuelle. Nous tentons ici de lire des tendances et à ce titre, Basias constitue un bon indicateur à petite échelle. Le Limousin dénombre 5 336 enregistrements, sur 572 communes (pour un total de 747). La classification est réalisée sur le même principe que pour les ICPE (sans prendre en compte l'effectif de Limoges directement classée en indice 3 pour 1234 sites recensés dans la commune). Le résultat pour le Limousin est le suivant :

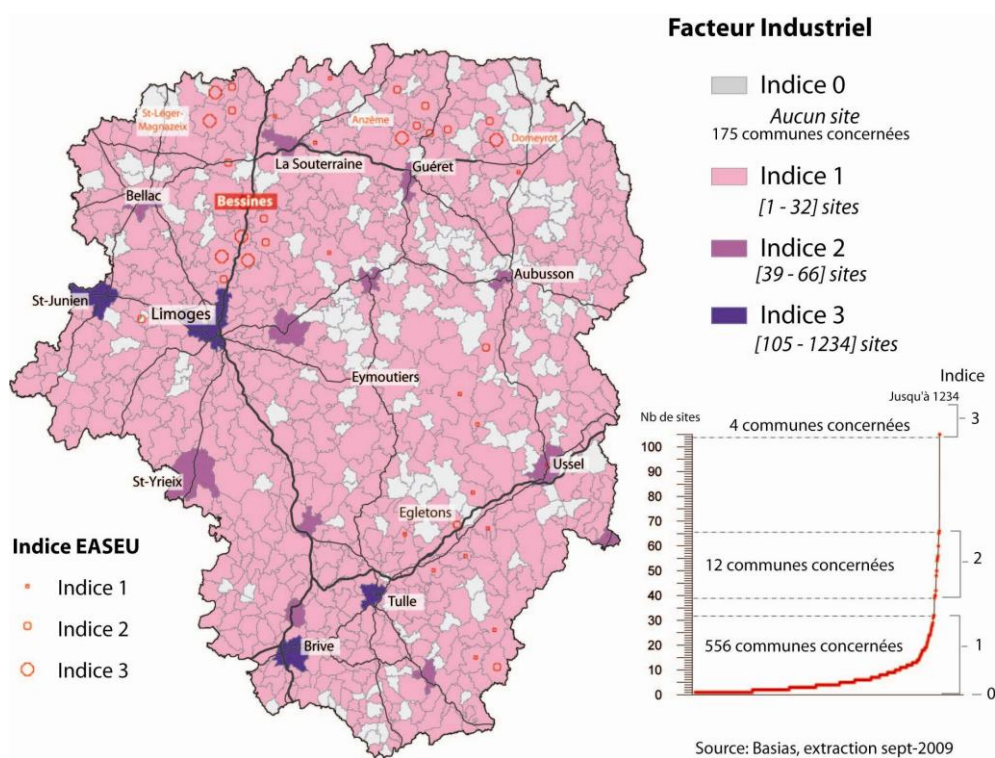


Figure 69 : Valeurs de l'indice communal Activités polluantes

¹³⁶ Bureau de Recherches Géologiques et Minières

¹³⁷ Basias, voir toutes informations sur le site <http://basias.brgm.fr/>

Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Cette seconde source d'informations est déjà dénombrée dans la première, mais ne concerne que 48 communes (effectif voisin de celui de l'indice EASEU - 39 communes). L'intérêt est de donner une valeur différente à ces établissements reconnus officiellement comme potentiellement polluants, voire dangereux. Une extraction de la base de données de l'iREP¹³⁸ (Répertoire français des Emissions Polluantes) permet de dresser un inventaire régional (89 unités dans la région).

Dans notre logique de score communal, le géocodage est aisé à partir du code Insee. L'indice ICPE est directement issu de la classification par seuil naturel en 4 classes. Pour le Limousin, la classification est la suivante :

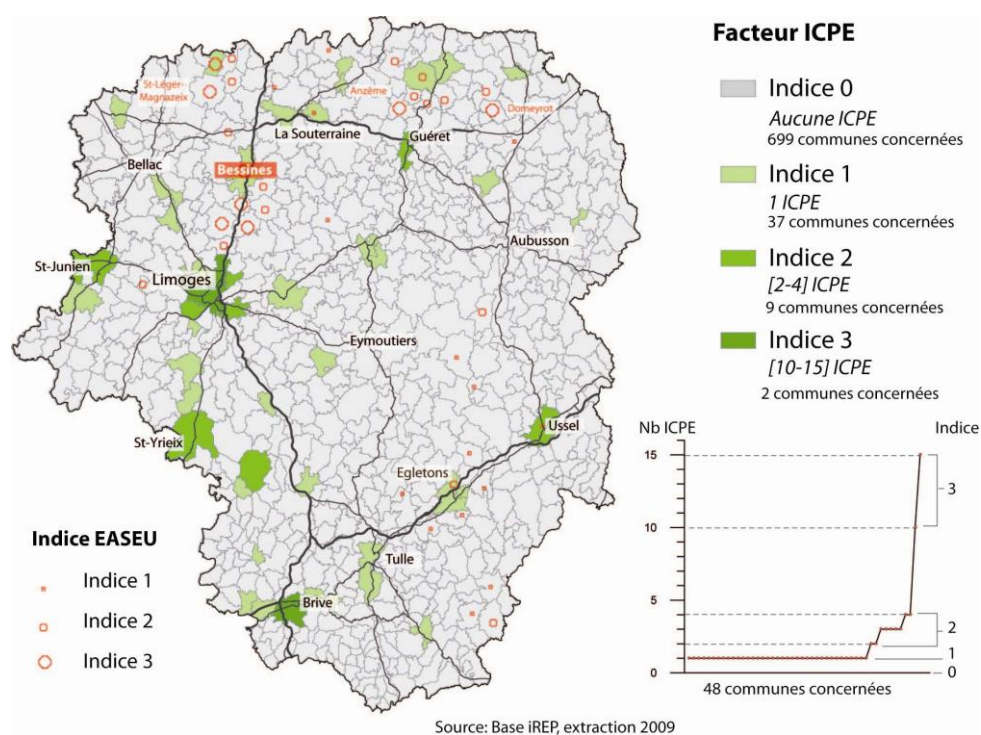


Figure 70 : Valeurs de l'indice communal ICPE

Nota : ne pas oublier de soustraire les sites d'exploitation d'uranium classé ICPE et déjà pris en compte dans l'indice EASEU. De même, penser à soustraire les effectifs des ICPE dans l'indice précédent (Activités polluantes)

¹³⁸ <http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/>

Réseau électrique Haute Tension

Le troisième archétype est représenté par les champs électromagnétiques (CEM). Les lignes Hautes Tensions et les postes de transformation constituent des sources potentielles de CEM. Une source d'information géographique comme la couverture *Fluides* de la BDtopo (commercialisé par l'IGN) permet d'en dresser rapidement l'inventaire. Nous avons donc construit un indice HT en fonction de la présence de ligne HT dans la commune, de leurs voltages et de la répartition des postes de transformation. La classification obtenue pour le Limousin est la suivante :

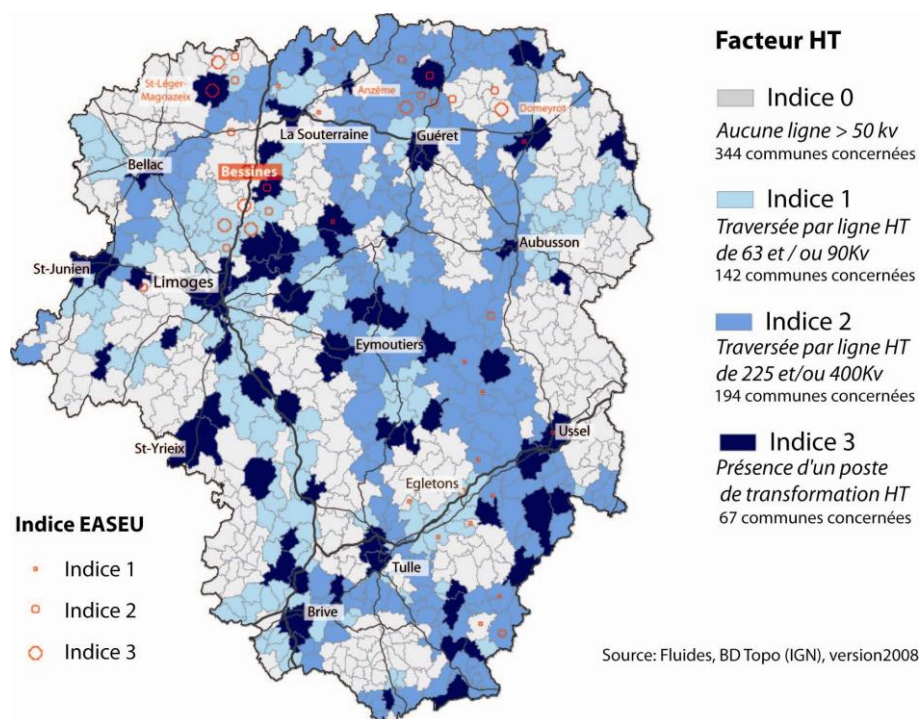


Figure 71 : Valeurs de l'indice communal Haute Tension

Les produits phytosanitaires au regard de l'activité agricole (PHYTO)

Les pesticides sont souvent mis en cause dans l'incidence des cancers. Ce constat est valable dans les médias comme dans les investigations scientifiques. Nous avons donc établi un indice PHYTO selon une logique de fréquence d'utilisation des produits phytosanitaires (pesticides, herbicides et fongicides) au regard des surfaces cultivées. En Limousin, les vergers, et dans une moindre mesure les vignes (sud Corrèze) sont les deux types de cultures les plus utilisatrices (plus de 35 traitements par an en moyenne dans la pommeraie

limousine¹³⁹). En seconde position, les cultures de céréales pour la consommation humaine nécessitent moins d'interventions (moins de 6 à 9 traitements par an). Enfin, les cultures nécessitant « seulement » un traitement herbicide avant la plantation sont les cultures fourragères. La faible valeur ajoutée de ces cultures par ailleurs résistantes (maïs fourrager, triticale...) n'engage pas des traitements intensifs.

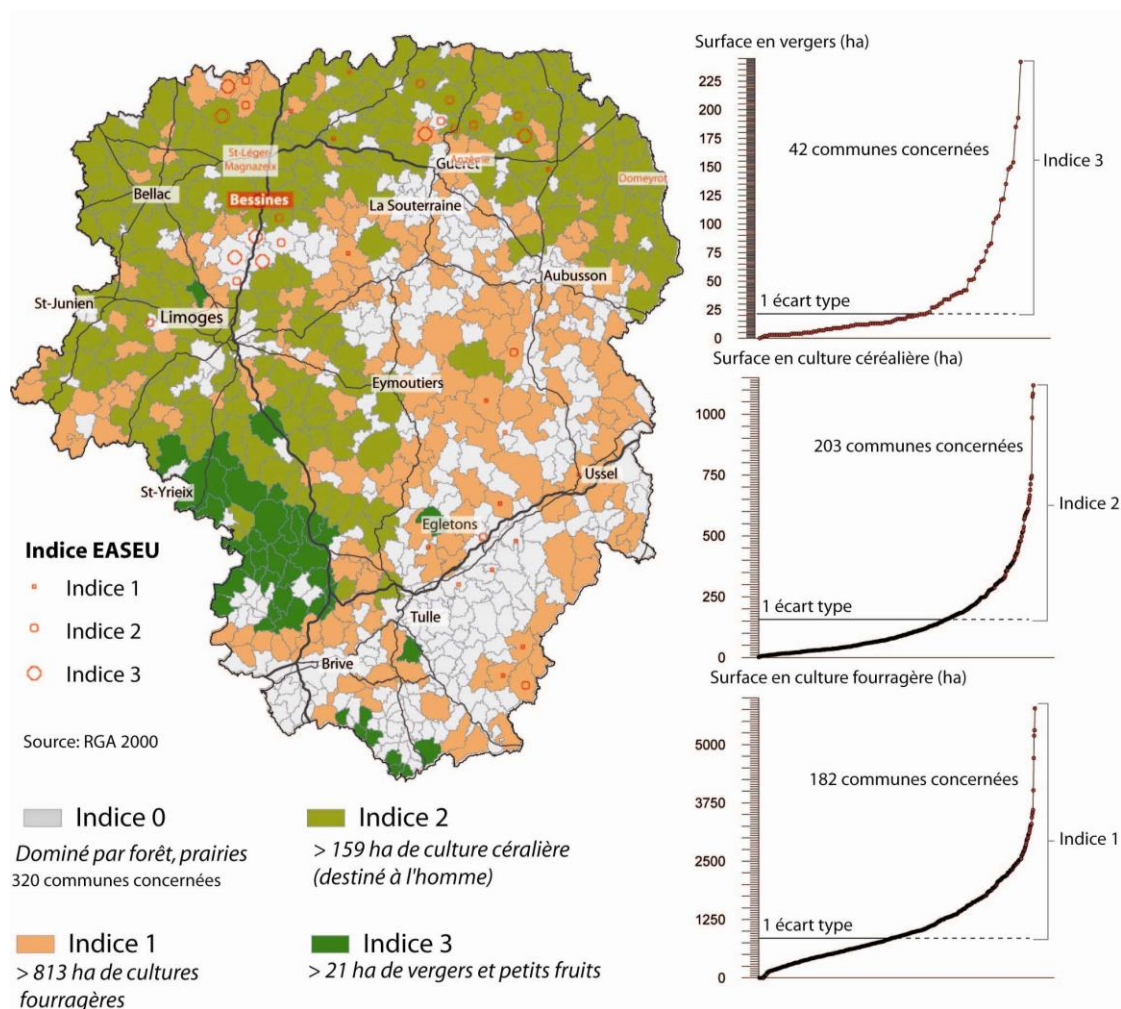


Figure 72 : Valeurs de l'indice communal PHYTO

La classification (graphique à droite de la figure 72) a été conduite selon une logique descendante. Nous avons calculé l'écart type des séries de valeurs suivantes: surface Vergers, vignes et petits fruits, surface cultures céréalières (blé, orge...non fourragère), et surface cultures fourragères. Exemple : l'écart type de la surface des vergers par commune est de 21,7 hectares. L'indice 3 est affecté aux communes cultivant plus de 21,7 ha. L'écart type des cultures céréalières est de 159,2 ha. L'indice 2 est affecté aux communes dépassant ce seuil, parmi celles qui n'étaient pas d'indice 3. La procédure est la même pour l'indice 1. Les communes restantes sont principalement occupées par des bois et forêts et des prairies.

¹³⁹ Mémoire Master 1, Les produits phytosanitaires dans la pommeraie Limousin, Etude de cas, Pauline Guy Université de Limoges, 2009.

La source disponible pour réaliser la classification est le Recensement Général Agricole. Nous avons utilisé les données de l'année 2000, en l'absence de données plus récentes.

Les axes routiers

Les discussions avec l'ensemble des acteurs du GT2 nous ont conduits à superposer de nombreux indices y compris au regard de facteurs qui ne sont habituellement pas pris en compte. Ainsi, les axes routiers, qui ont fait presque l'unanimité, étaient toutefois interprétés de plusieurs façons : le trafic et la pollution de l'air, l'accès aux équipements régionaux.... Au final, l'indice repose sur un principe de classification en fonction de la nature et de l'importance des voiries traversant la commune. Cette typologie a été réalisée à partir de la base de données BDcarto (IGN).

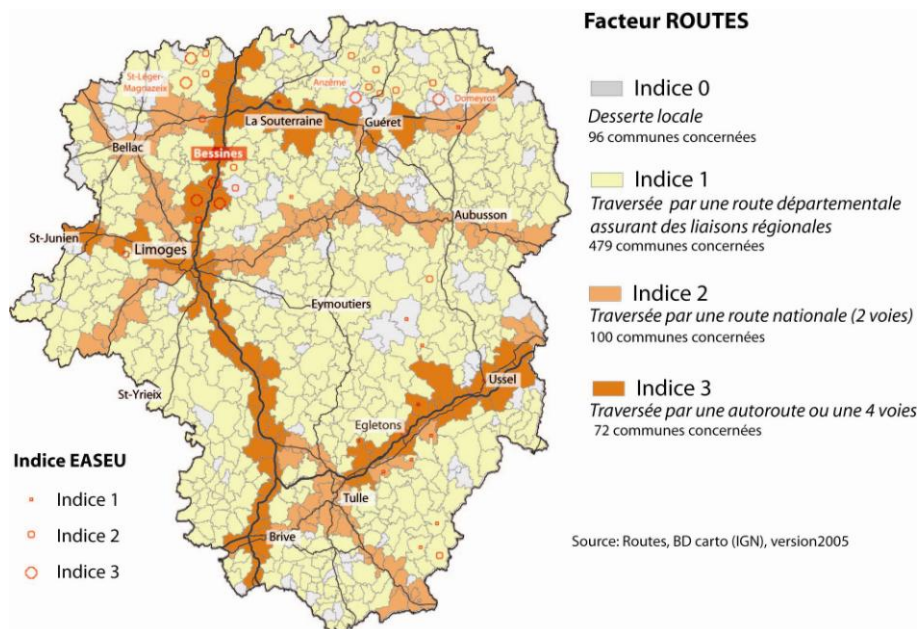


Figure 73 : Valeurs de l'indice communal ROUTES

L'aléa radon

Enfin, compte tenu des préoccupations liées à la nature du sous-sol du Limousin, nous avons intégré un indice sur l'aléa lié au radon. La source d'information est l'Atlas français des valeurs de Radon réalisé par l'IRSN. L'atlas téléchargeable sur le site internet officiel de l'IRSN, restitue les résultats par classe à l'échelle communale. Les valeurs communales sont elles-mêmes issues de la moyenne des mesures réalisées en milieu résidentiel. Notre classification a repris les classes utilisées dans l'atlas.

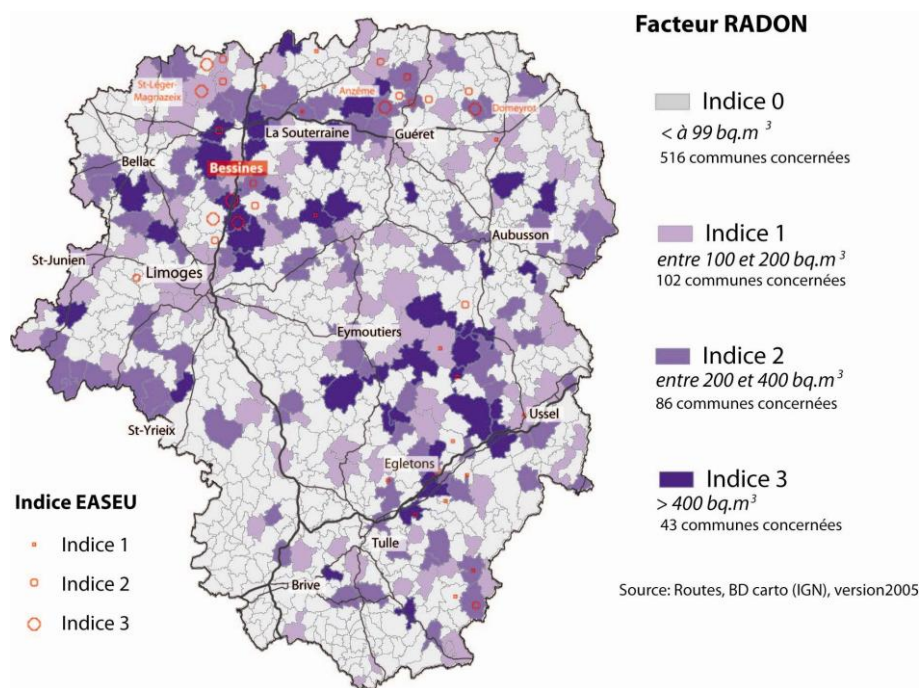


Figure 74 : Valeurs de l'indice communal RADON

3. Interaction des variables entre elles

En dernier lieu, nous avons vérifié qu'il n'existait pas une corrélation forte entre les facteurs établis. La matrice de corrélation (méthode de Spearman) montre que nos 7 facteurs sont très peu corrélés (tableau 11).

Les deux facteurs les plus corrélés sont les ICPE et les sites potentiellement pollués, avec une valeur assez modeste (24,4%). Les autres corrélations observées dépassent rarement 20% et la majorité sont d'ailleurs inférieures à 15%. L'indice EASEU est corrélé avec l'indice de l'aléa radon à 15,1 % (c'est sa plus forte corrélation avec les autres facteurs environnementaux). Notons aussi qu'il est significativement corrélé avec les sites potentiellement pollués (à 11,1%).

Globalement, cette matrice de corrélation nous indique que les indices sont suffisamment différenciés dans l'espace pour pouvoir conduire une approche sur l'ensemble des facteurs. Lors des échanges avec les experts du groupe restreint du GT2, l'approche multivariée ne faisait pas l'unanimité, mais l'objectif de la dernière étape méthodologique était largement partagé : mettre en place un modèle permettant d'avoir une réponse claire (sous entendue binaire) : *oui, il y a une relation* ou *non, il n'y a pas de relation*.

Initialement engagé pour une méthodologie visant à superposer les espaces de sur-incidence et la localisation des anciens sites d'exploitation d'uranium, le groupe d'acteurs s'est orienté vers un modèle statistique à visée analytique, pour finaliser la méthodologie.

Matrice de corrélation (Spearman) :

Variabes	ICPE	BASIAS	HT	AGRI	ROUT	RADON	EASEU
ICPE	1	0,244	0,155	0,056	0,169	0,091	0,086
BASIAS	0,244	1	0,143	0,171	0,211	0,182	0,111
HT	0,155	0,143	1	0,064	0,158	0,142	0,066
AGRI	0,056	0,171	0,064	1	0,091	0,118	0,021
ROUT	0,169	0,211	0,158	0,091	1	0,145	0,062
RADON	0,091	0,182	0,142	0,118	0,145	1	0,151
EASEU	0,086	0,111	0,066	0,021	0,062	0,151	1

Les valeurs en gras sont significativement différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha=0,05$

Tableau 11 : Matrice de corrélation des facteurs environnementaux

B. Mesure des relations et des confusions environnementales

La relation entre les cas incidents de cancers et les facteurs environnementaux est établie par une régression de Poisson. Le modèle multivarié final est ajusté sur l'hétérogénéité de l'incidence étudiée et sur deux variables sociodémographiques (la densité de population et le niveau de revenus). Dans cette partie, nous présentons la démarche progressive suivie pour construire ce modèle multivarié. Nous verrons que le GT2 n'a souhaité faire apparaître que le résultat afférent aux indices EASEU dans un esprit de clarté mais aussi dans le souhait de cette réponse binaire : *oui, il y a une relation significative* ou *non, il n'y a pas de relation significative*. Cette exigence était pourtant bien incertaine à ce stade du développement de cette méthodologie d'étude écologique à petite échelle.

1. Un modèle de régression de Poisson sur des variables ordinales

La régression de Poisson multivariée est l'analyse qui nous permet de mettre en relation l'incidence d'une pathologie avec un facteur dit « explicatif » en prenant en compte l'influence des autres variables qui peuvent interagir. Globalement, l'objectif principal du

modèle final est de modéliser le nombre de cas de cancers observés (O_i), selon une variable d'exposition donnée (le facteur EASEU codé en 3 variables qualitatives). Les communes où l'indice est égal à 0 (aucune activité) servent de référence pour tester la relation pour les communes d'indice 1, puis d'indice 2 et enfin d'indice 3. Cette logique d'analyse qualitative consiste donc à étudier si le SIR est significativement lié à un indice différent (sans attribuer de valeur quantitative à l'indice). Si le risque relatif est supérieur à 1, il s'interprète comme une augmentation du risque lié à l'exposition, s'il est inférieur à 1 l'exposition peut s'interpréter comme un effet protecteur. Les 6 autres facteurs environnementaux (3 indices chacun) sont intégrés au modèle sur le même principe statistique.

Les investigations épidémiologiques prennent systématiquement (dans les études sur les cancers) en compte la variabilité des critères sociodémographiques cités dans la bibliographie spécialisée en les intégrant aux modèles multivariés. Cela permet de considérer le facteur de risque cité (sachant qu'il a une influence sur la distribution de l'incidence étudiée) en même temps que l'on cherche à déterminer le risque relatif du facteur que nous étudions plus spécifiquement (pour nous le facteur EASEU). Les 6 autres facteurs environnementaux sont ici interprétés comme des facteurs de confusions possibles, et sont donc intégrés comme covariables, au même titre que des variables sociodémographiques.

Dans nos propos, le terme de *covariable* est réservé aux variables intégrées au modèle afin de prendre en compte leur influence sur la distribution de l'incidence, mais elles n'ont qu'un rôle d'ajustement : on sait que cette variable influe et elle est donc prise en compte. Si l'objectif est de comprendre comment elles influent, il faudrait alors étudier les résultats obtenus pour chaque indice.

Pour le modèle utilisé (*Equation 6*), la densité de population (D), le niveau de revenu et le nombre de cas attendus (E_i) sont intégrés comme des covariables continues. Plusieurs régressions uni variées ont montré que la densité de population était significativement liée à l'incidence de la plupart des pathologies cancéreuses (habitudes de vie différentes urbain/rural ; effet seuil possible dans la standardisation de la PUG commune notamment dans les agglomérations...). Elle a donc été intégrée en log (afin de normaliser sa distribution). Les discussions et analyses critiques des résultats des études écologiques sur les cancers relèvent souvent de la considération des facteurs sociodémographiques à prendre en compte. L'indice de Townsend, fréquemment cité, est un bon exemple : il s'agit de *la*

somme non pondérée de 4 variables socio-économiques centrées et réduites, après log-transformation des 3 premières : proportion de logements surpeuplés (plus d'une personne par pièce), proportion de ménages sans voiture, proportion de chômeurs parmi les actifs et racine carrée de la proportion de logements occupés par des non propriétaires (Townsend, 1987). Cet indice résulte de travaux approfondis de P. Townsend dans les banlieues urbaines du Royaume-Uni. Cette précision (parfois oubliée par les utilisateurs de l'indice) insiste sur le fait que la démonstration de l'auteur consiste à montrer l'influence des variables sociodémographiques et non l'universalité de l'indice. Estimant que les critères utilisés n'étaient pas adaptés au contexte sociodémographique du Limousin, nous avons utilisé le niveau de revenus¹⁴⁰ comme unique indicateur d'inégalités sociales face aux cancers.

La régression de Poisson fait partie des modèles linéaires généralisés (Viel, 1994) et permet de modéliser une variable de comptage, c'est à dire le nombre de fois où se produit un événement (variable quantitative discrète positive) selon une ou plusieurs variables d'intérêts.

La variable de comptage étant supposée suivre une distribution de Poisson dont la loi de probabilité est la suivante :

$$P(Y = n) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^n}{n!},$$

avec $n \geq 0$ (0,1,2,3...)

ou λ est une constante correspond à la moyenne et à la variance de la loi de poisson.

Le modèle utilisé est :

$$\log E(O_i) = \log(E_i) + \alpha + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 D_i$$

ou β_j correspond au coefficient de régression et e^{β_j} s'interprète directement comme le risque relatif de la classe (exposition de niveau j) par rapport à la classe de référence 0 (pas d'exposition).

En reprenant la formule $O_i \sim P(\theta_i E_i)$ cela revient à tester $\theta_1 = \theta_2 = \dots \theta_n = 1$.

Équation 6 : Statistique de la régression de Poisson

¹⁴⁰ Nous avons utilisé le référentiel *Revenus 2006* de l'Insee, en utilisant la valeur médiane de revenu pour une unité de consommation (par commune). L'unité de consommation traduit des niveaux de revenus différents en fonction du statut des individus (enfants, actifs, retraités...)

2. Ajustement du modèle sur l'hétérogénéité

Le nombre de cas observés O_i est supposé suivre une loi de Poisson, celle-ci impose que l'espérance et la variance soient identiques. Or, en pratique, on peut fréquemment observer une variance supérieure à l'espérance, ce qui signifie l'existence d'une sur-dispersion des données par rapport au modèle. Les tests d'homogénéité permettent déjà de mettre en évidence cette sur-dispersion. D'autres modèles que la loi de Poisson peuvent être envisagés en fonction de l'hétérogénéité observée, comme par exemple la loi binomiale négative (la loi de Poisson peut être considérée comme un cas particulier d'une loi Binomiale Négative). Une première approche consiste à réaliser un graphique représentant chacune des N unités spatiales selon le nombre de cas observés et attendus. La figure 75 prend en exemple le cancer de la prostate sur les communes du Limousin.

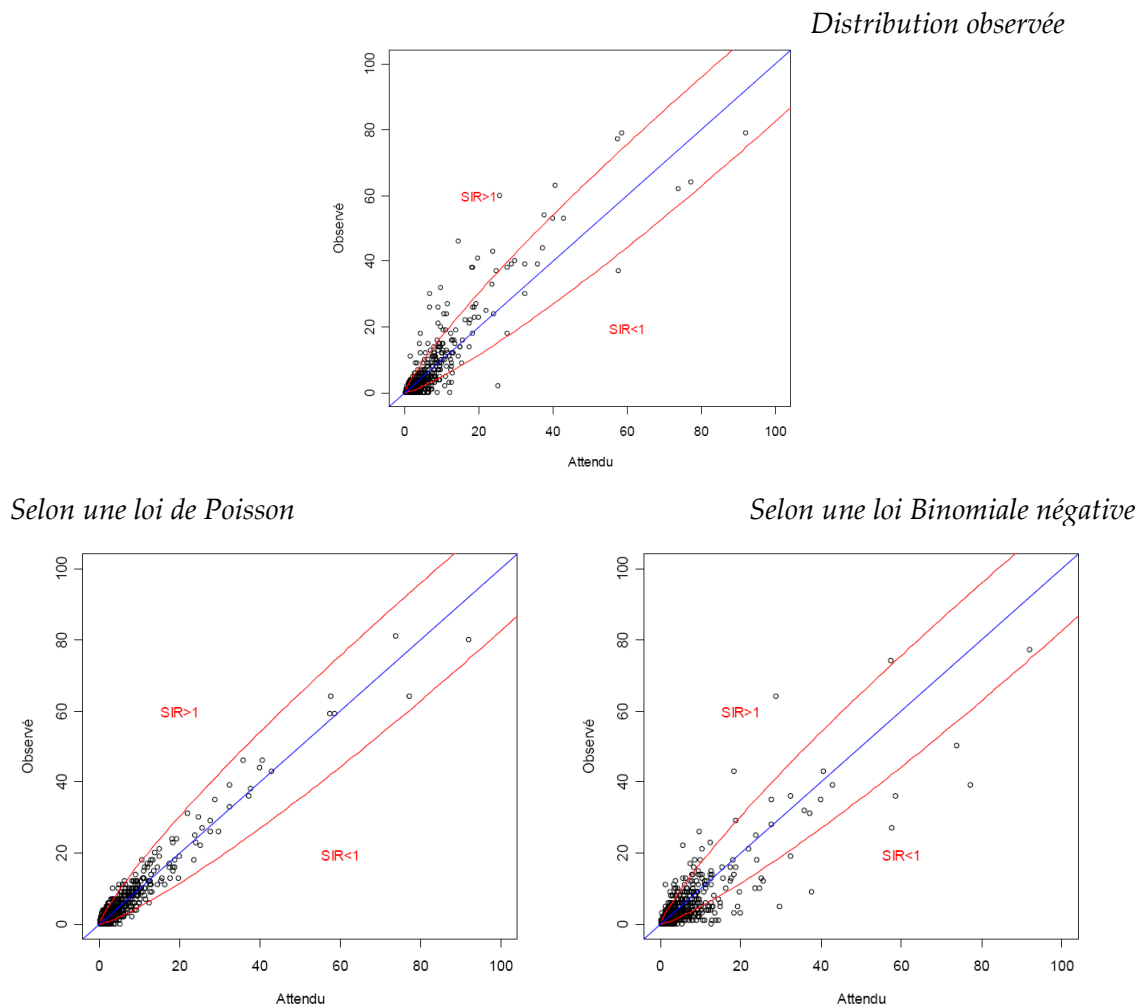


Figure 75 : SIR, distribution observée, loi de Poisson et loi binomiale négative

(Exemple du cancer de la prostate, RGCL 1998-2004)

Sur la figure 75, les deux graphiques du bas représentent le nombre de cas observés obtenu après une simulation selon une distribution de Poisson (en bas à gauche) et selon une distribution Binomiale négative (en bas à droite).

L'équation des courbes (respectivement loi de Poisson et loi Binomiale négative) est donnée ci-après :

$$y = 0.2993x^{1.2203} \text{ et } y = 2.5392x^{0.8288}$$

Ho : SIR égal à 1 et H1 : SIR différent de 1

Équation 7 : Statistiques de la distribution selon la loi de Poisson et Loi Binomiale Négative

(Exemple du cancer de la prostate, RGCL 1998-2004)

En comparant les 3 graphiques, on remarque que c'est l'hypothèse d'une distribution Binomiale Négative qui rend le mieux compte de la sur-dispersion observée. Afin de mieux prendre en compte ces sur-dispersions, l'ajustement est fait pour chaque pathologie afin de considérer l'hétérogénéité potentielle (test de Potthoff et Whitinghill) : le modèle quasi Poisson (nom générique donné par la fonction du logiciel R) se révèle alors le plus approprié.

3. Le modèle multivarié retenu

Finalement et en conformité avec les souhaits des experts du GT2, le modèle préconisé dans la méthodologie est une régression quasi Poisson, prenant en compte les 7 facteurs environnementaux, le log de la densité de la population et le niveau de revenus. Le tableau des résultats ne présente cependant que les 3 indices EASEU. Compte-tenu des objectifs méthodologiques de notre démarche, nous avons dans un premier temps testé des régressions de Poisson univariées pour chaque indice de chaque facteur. Nous avons ensuite testé le modèle quasi Poisson en logique univariée, et dans un dernier temps, nous avons intégré les niveaux de revenus (la densité de population est intégrée dès la première régression). A titre expérimental, nous avons aussi testé une régression pas à pas afin de sensibiliser les acteurs du GT2 à la nécessité de laisser apparaître l'ensemble des résultats significatifs. L'objectif de ces étapes intermédiaires était de comprendre l'influence de chaque choix qui a été fait sur l'ajustement de la régression de Poisson, tant du point de vue du modèle (ajustement quasi Poisson) que de son contenu (données sociodémographiques). Mais nous ignorions les effets de ces ajustements en l'absence d'hétérogénéité significative par exemple, alors que les acteurs du GT2 souhaitaient aboutir à un modèle sans variante.

A titre d'exemple, nous présentons un tableau récapitulatif des résultats obtenus sur un modèle *Poisson* et un modèle *quasi Poisson* (en multivarié sur le quorum) toutes pathologies cancéreuses chez les hommes dont le test de Pothoff Whittinghill (PW) est cette fois significatif (tableau 12). Dans un second temps, une présentation de chaque étape argumentée est réalisée pour le quorum des cancers de la thyroïde chez la femme dont l'hétérogénéité n'est pas significative (tableau 13, 14 et 15).

Exemple de toutes pathologies cancéreuses chez l'homme [1998-2004]

La surdispersion est significative (PW = 0,0001).

Facteur	Modèle Poisson		Modèle Quasi Poisson	
	RR	IC95%	RR	IC95%
EASEU 1	0,86	[0,76- 0,99]	0,87	[0,68- 1,10]
EASEU 2	1,06	[0,94 – 1,19]	1,05	[0,84 – 1,33]
EASEU 3	1,10	[0,94– 1,28]	1,10	[0,83 – 1,46]
ICPE 1	1,26	[1,19 – 1,33]	1,26	[1,14 – 1,40]
ICPE 2	1,11	[1,02 – 1,20]	1,11	[0,95 – 1,29]
ICPE3	1,42	[1,22 – 1,67]	1,42	[1,06 – 1,92]
Industrie 1	1,35	[1,23 – 1,48]	1,35	[1,13 – 1,61]
Industrie 2	1,37	[1,22 – 1,54]	1,37	[1,10 – 1,71]
Industrie 3	1,03	[0,89 – 1,19]	1,03	[0,78– 1,35]
HT 1	0,98	[0,93 – 1,04]	0,99	[0,89 – 1,09]
HT 2	0,88	[0,84 – 0,94]	0,89	[0,80 – 0,99]
HT 3	1,09	[1,03 – 1,17]	1,10	[0,98 – 1,23]
PHYTO 1	0,94	[0,90 – 1,00]	0,94	[0,86 – 1,05]
PHYTO 2	1,04	[1,00 – 1,09]	1,04	[0,96 – 1,13]
PHYTO 3	1,19	[1,11 – 1,38]	1,19	[1,04 – 1,35]
ROUTE 1	1,24	[1,12 – 1,38]	1,24	[1,02 – 1,51]
ROUTE 2	1,34	[1,20 – 1,50]	1,34	[1,08 – 1,65]
ROUTE 3	1,21	[1,08 – 1,36]	1,21	[0,98 – 1,50]
Radon 1	0,99	[0,94 – 1,04]	0,99	[0,90 – 1,09]
Radon 2	1,13	[1,07– 1,19]	1,13	[1,02– 1,26]
Radon 3	1,05	[0,98 – 1,14]]	1,05	[0,92 – 1,22]
Revenus	1,001	[1,00 – 1,01]	1,001	[1,00 – 1,01]
Densité	1,00	[0,99– 1,01]	1,00	[0,99– 1,01]

Tableau 12 : Comparaison des modèles Poisson et quasi Poisson multivariée sur un quorum à l'hétérogénéité significative (toutes localisations cancéreuses chez l'homme [1998-2004])

Les différences observées entre les résultats obtenus à chaque analyse univariée (dont le détail n'est pas présenté ici) et le modèle de régression multivariée sont les suivantes :

- Aucune valeur n'est significative pour l'indice EASEU (alors que 2 et 3 l'étaient)
- L'indice 1 de HT n'est plus significatif
- L'indice 2 PHYTO devient significatif

Les différences des résultats obtenus entre le modèle multivarié *Poisson* et *quasi Poisson* sont les suivantes :

- L'indice 2 ICPE n'est plus significatif
- L'indice 3 de HT n'est plus significatif
- L'indice 2 PHYTO n'est plus significatif
- L'indice 3 Route n'est plus significatif
- L'indice 2 Radon devient significatif

L'analyse comparée des résultats obtenus en univarié, puis en multivarié *Poisson* et au final dans un modèle multivarié *quasi Poisson* présente donc un redressement de l'intervalle de confiance sans influencer sur les valeurs des Risques Relatifs. C'est donc la significativité des résultats qui change.

Exemple du cancer de la thyroïde chez la femme [1998-2004]

Le test de PW n'est pas significatif, aucune sur dispersion n'est détectée.

	Régression de Poisson avec la densité de population (en log) :		Régression quasi Poisson (idem):		Régression quasi Poisson (idem avec prise en compte des niveaux de revenus):	
	RR	IC95%	RR	IC95%	RR	IC95%
EASEU 1	0,32	[0,08-1,30]	0,32	[0,08-1,24]	0,34	[0,08-1,38]
EASEU 2	1,03	[0,38-2,80]	1,04	[0,40-2,69]	1,12	[0,42-3,02]
EASEU 3	3,37	[1,65-6,88]	3,37	[1,70-6,70]	3,20	[1,57-6,50]

Tableau 13 : Régressions de Poisson et quasi Poisson (EASEU / thyroïde femme)

Nous constatons qu'en l'absence de sur-dispersion le modèle quasi Poisson modifie l'intervalle de confiance sans influencer sur la valeur du Risque Relatif. Nous remarquons aussi que l'intégration de variables sociodémographiques affine le modèle en influant cette fois sur

le Risque Relatif : le niveau de revenus étant significativement lié à l'incidence, il contribue à baisser le risque relatif pour le facteur EASEU de niveau 3 (de 3,37 à 3,20).

Le modèle multivarié quasi Poisson prenant en compte l'ensemble des variables est présenté dans le tableau 14. En prenant en compte les 7 facteurs environnementaux, l'indice EASEU 3 et l'indice Radon 1 restent significatifs. Le risque relatif EASEU 3 est par contre augmenté (de 3,20 à 4,07).

	Estimate	Std.Error	t value	p value		RR	RRinf	RRsup
(Intercept)	-2,01	0,69	-2,92	<0,001				
EASEUx1	-0,87	0,75	-1,17	0,24		0,417	0,097	1,800
EASEUx2	0,03	0,54	0,06	0,96		1,031	0,357	2,972
EASEUx3	1,40	0,42	3,34	<0,001	***	4,067	1,785	9,270
log.densite	0,14	0,11	1,24	0,22				
d\$revenu	0,00	0,00	1,96	0,05				
ICPE_1	0,18	0,21	0,83	0,41				
ICPE_2	-0,34	0,31	-1,08	0,28				
ICPE_3	-0,12	0,48	-0,24	0,81				
Industrie_1	-0,43	0,34	-1,25	0,21				
Industrie_2	-0,80	0,49	-1,64	0,10				
Industrie_3	-0,68	0,54	-1,26	0,21				
HT_1	0,09	0,20	0,43	0,67				
HT_2	-0,02	0,23	-0,08	0,94				
HT_3	0,23	0,24	0,96	0,34				
PHYTO_1	0,27	0,21	1,28	0,20				
PHYTO_2	0,09	0,18	0,50	0,61				
PHYTO_3	0,06	0,32	0,19	0,85				
ROUTE_1	0,26	0,43	0,60	0,55				
ROUTE_2	0,14	0,46	0,31	0,75				
ROUTE_3	-0,17	0,46	-0,37	0,71				
RADON_1	0,36	0,18	2,02	0,04	*	1,44	1,01	2,05
RADON_2	0,28	0,23	1,19	0,24		1,32	0,83	2,09
RADON_3	-0,15	0,35	-0,42	0,67		0,86	0,44	1,71

Tableau 14 : Modèle final sur le quorum « cancer thyroïde femme »

Enfin, si nous prenons en compte tous les facteurs environnementaux, la densité de population et le niveau de revenus, le modèle final d'une régression de *quasi Poisson*, pas-à-pas, est le suivant :

Facteur	RR	IC95%
EASEU 1	0,30	[0,08-1,25]
EASEU 2	1,07	[0,39– 2,96]
EASEU 3	3,12	[1,53 – 6,36]
Radon 1	1,32	[1,02 – 1,70]
Radon 2	1,21	[0,79– 1,86]
Radon 3	0,82	[0,43 – 1,58]
Revenu	1,0001	[1,00 – 1,01]
Densité	1,0001	[1,00 – 1,01]

Tableau 15 : Régression pas à pas sur le quorum « cancers thyroïde femme »

Finally, in the case of the quorum of thyroid cancer in women, the adjustment of the model (when no heterogeneity was observed) has an influence that is not negligible: from 3,37 in a univariate analysis, the Relative Risk of the EASEU 3 index goes up to 4,07 in a model integrating the 6 other environmental factors, and goes down to 3,12 when considering the sociodemographic factors.

Pour conclure sur la relation avec le facteur EASEU

The multivariate model, considering the ensemble of interactions of sociodemographic and environmental factors, allows for an adjustment of relative risks (multicriteria analysis) and of significance by redressing the values of the confidence interval (quasi Poisson model). This model, taking into account overdispersion, has been validated by the statisticians of the service of Epidemiological Research of the InVs who were sitting in the restricted group of GT2.

Possible evolutions rest on the choice of sociodemographic variables: a deeper exploitation of the specialized bibliography could allow for an adjusted model for each type of cancer localization using the ensemble of sociodemographic indicators whose relation has been significant in previous studies. This work is certainly envisageable if the method is applied on a single cancer localization, otherwise the question becomes a considerable work.

Conclusion sur la méthode

La méthode que nous proposons est donc organisée en 3 temps distincts. Dans ce récapitulatif, nous insisterons sur les points méthodologiques qui sont particulièrement à prendre en compte.

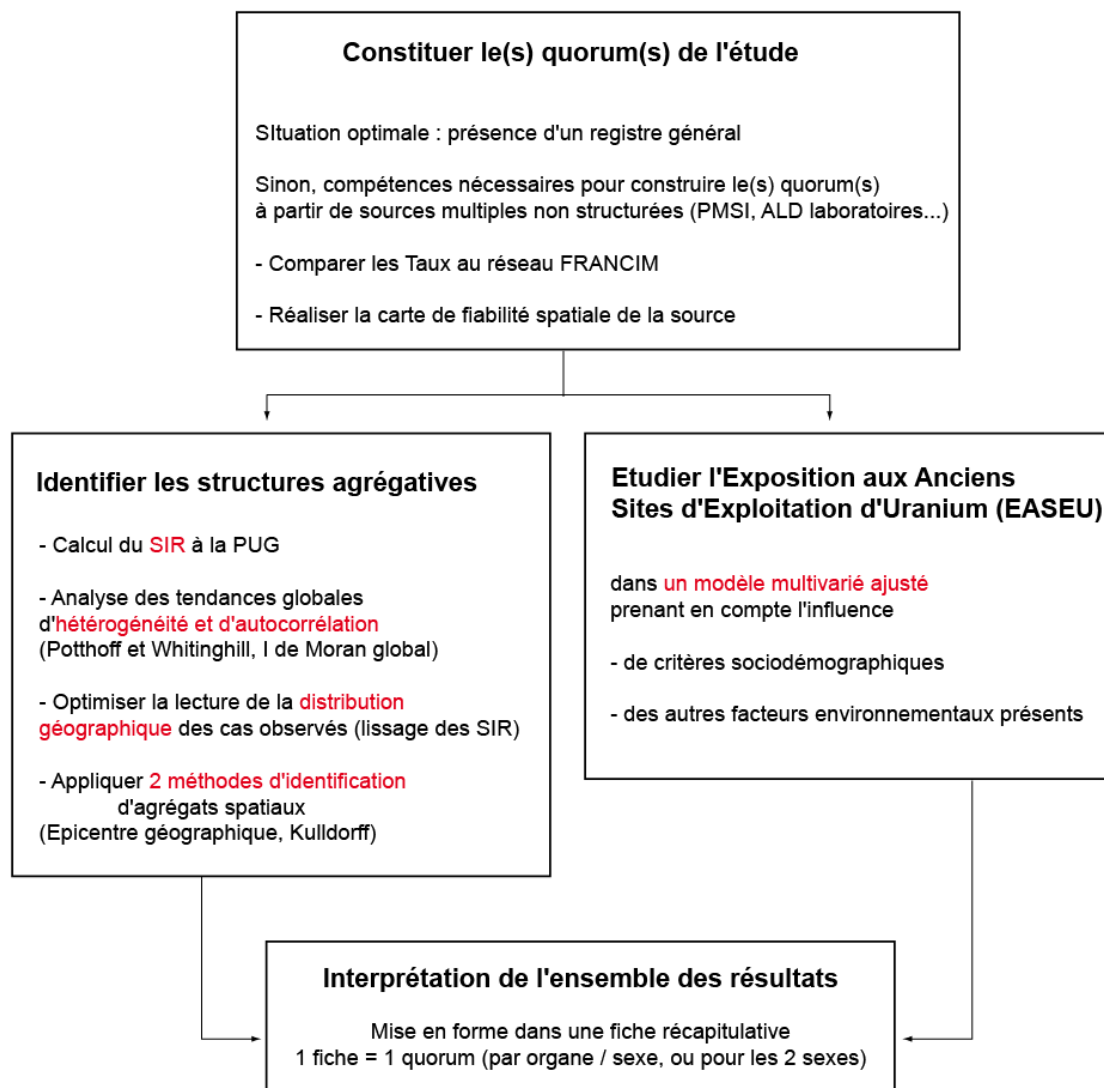


Figure 76 : Schéma récapitulatif de la méthode

La constitution des quorums

La situation est très différente entre une zone couverte par un registre et une autre qui ne l'est pas. Dans la première situation, l'information est mobilisable rapidement et la zone géographique est définie en fonction du territoire de compétence du registre. En l'absence d'une telle structure, la zone géographique doit être suffisamment vaste pour présenter une

large majorité d'unités spatiales non soumises à l'influence des anciens sites d'exploitation d'uranium. La zone investie doit être au minimum égale à un département français, et bien évidemment, les anciens sites à étudier ne doivent pas être situés en marge. Il est important de noter que le temps de réalisation de cette première étape est très largement augmenté en l'absence de registre compte-tenu du travail préparatoire nécessaire (élimination des doublons, recoupement des informations entre les différentes sources....)

Enfin, la carte de fiabilité spatiale de la source permet de ne pas oublier les espaces de fortes sous-incidences. Présente au moment des interprétations, elle peut apporter des réponses alternatives aux phénomènes observés (fuites d'enregistrements vers un département voisin, absence de diagnostic en milieu rural difficile d'accès, etc.)

Identification des structures agrégatives

L'approche permettant d'apprécier les sur-incidences est construite sur 3 principes :

Les tests globaux : le test d'homogénéité (PW) et celui de l'autocorrélation spatiale (I de Moran) permettent d'apprécier si une hétérogénéité est marquée à l'échelle de la zone investie et si une structure spatiale agrégative est suspectée.

Les représentations spatiales des SIR : le lissage bayésien optimise la lecture de la distribution spatiale des SIR selon la plus petite unité spatiale. La méthode de l'épicentre géographique identifie des SIR emboîtés dans des unités spatiales prédéfinies en fonction des dynamiques démographiques du territoire. Elles ont pour vocation d'analyser la distribution des sur-incidences dans la région et d'identifier des structures agrégatives dans une géométrie relevant des territoires de vie.

La statistique de Kulldorf : cette statistique reconnue internationalement est accompagnée d'un test de vraisemblance qui élimine les agrégats dit « aléatoires ». Elle présente aussi l'avantage de pouvoir être représentée sous forme cartographique et donc de générer deux types de représentations spatiales : détection d'agrégat (elliptique ou circulaire) et/ou détection d'un gradient dans un agrégat circulaire. Malgré la démonstration de la pertinence de l'analyse comparée de ces résultats, les membres du GT2 ont tenu à ne conserver que la première représentation (agrégat circulaire).

Relation avec les anciens sites miniers d'uranium

La méthode consiste à établir des indices « d'exposition » à l'échelle communale. Le premier facteur environnemental concerne l'Exposition aux Anciens Sites d'Exploitation d'Uranium (EASEU) présentant 4 niveaux ordonnés de 0 à 3. La logique de ce score communal d'exposition environnementale est alors la même pour les autres facteurs environnementaux dominants (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, Industries, Haute Tension, produits phytosanitaires, circulation routière et Aléa Radon). La densité (log) et les revenus sont intégrés dans un modèle de régression ajusté en quasi Poisson.

Il a rapidement été demandé de réunir l'ensemble des résultats sur une seule fiche afin de disposer de l'ensemble des informations en même temps au moment des interprétations. Ce modèle de fiche de synthèse est présenté dans la partie suivante, ainsi que les principaux résultats obtenus en Limousin.

III. Indicateurs d'incidence infrarégionale des cancers et Exposition aux anciens Sites d'Exploitation d'Uranium (EASEU) : synthèse régionale et « zoom » à l'échelle locale

Dans le cadre du contrat de recherche avec le Groupe d'Expertise Pluraliste sur la reconversion des anciens sites miniers d'Uranium, notre travail s'arrêtait à la conception de la méthode présentée dans les deux parties précédentes. Bien évidemment, pour la mettre en place, nous l'avons expérimentée sur un territoire bien réel : la région Limousin. Les résultats obtenus n'ont cependant pas encore été publiés dans le cadre du GEP. La présentation dans le cadre de ce travail de doctorat est donc inédite, mais ne doit pour autant pas conduire à une large diffusion hors du contexte du GEP ou d'un jeu d'acteurs associant à minima le Registre Général des Cancers¹⁴¹. Ce premier diagnostic en Limousin, produit en tant que première expérimentation, a été présenté au cours des 3 derniers séminaires avec le groupe restreint du GT2, puis en séance plénière devant l'ensemble des membres. Cependant, les objectifs étaient d'abord d'argumenter les principes de la méthodologie qui serait préconisée.

¹⁴¹ Nous prenons cette précaution compte tenu du sujet d'abord géomatique et géographique. Dans le cadre d'une communication vers le public, un acteur de veille ou de surveillance sanitaire est requis.

Une introduction commence par cadrer le contexte d'incidence des cancers en Limousin par rapport aux taux nationaux afin d'insister ensuite sur la pertinence d'une approche infrarégionale à petite échelle. Les résultats sont ensuite exposés en trois parties : tout d'abord, une rapide présentation de quelques fiches de synthèse préconisées à la fin de la méthodologie « officielle »; ensuite l'essai d'interprétation que nous avons réalisé sert surtout à engager les discussions sur les limites et perspectives concernant la méthodologie référentielle, ainsi que les premiers résultats obtenus dans la région Limousin (les deux étant pour les concepteurs de la méthode difficilement dissociables).

Contexte d'incidence des cancers en Limousin

La région Limousin compte environ 731 000 habitants (Insee estimation 2006), et occupe les premiers rangs français et européens au regard de la moyenne d'âge. Cette population vit sur un espace géologiquement riche qui a été très largement exploité jusque très récemment (la fermeture du dernier site d'extraction d'uranium date du début des années 2000). Ressource financière et d'emplois localement, les sites d'extractions ont été nombreux et les volumes d'extraction souvent très importants. La région Limousin se prêtait donc particulièrement aux interrogations soulevées pour mettre en place la méthode, mais elle peut aussi témoigner de caractéristiques locales plus marquées que dans d'autres régions (vieillesse de la population, type d'agriculture...).

Sur les 7 années d'enregistrement (1998-2004) du registre général des cancers, le nombre de cas notifiés dans le Limousin était de 25 828 (15 332 chez les hommes et 10 496 chez les femmes). Les 11 pathologies cancéreuses les plus fréquentes en Limousin sur la période 1998-2004, ainsi que leurs taux d'incidence et les taux d'incidence nationaux estimés pour la même période par le réseau FRANCIM sont présentées dans le tableau 16.

Ce tableau permet la comparaison des taux limousins et des taux français standardisés tous les deux sur la population mondiale. Que ce soit sur l'ensemble des pathologies cancéreuses ou en prenant individuellement le quorum de chaque localisation, le Limousin présente des taux d'incidence inférieurs à la moyenne nationale. Notons aussi que la région ne présente aucune particularité quant au rang des 11 cancers les plus fréquents (le classement reste le même). Les cancers les plus fréquents chez l'homme et la femme sont respectivement les cancers du sein et de la prostate.

La région Limousin, bien que significativement plus âgée sur un plan national et vivant dans une région à forte activité d'exploitation uranifère, ne présente donc aucune sur-incidence selon les statistiques comparatives globales.

Sexe	Rang	Localisation	Nombre	TISM	TISM FRANCIM
H	1	Prostate	4923	84,72	88,29
H	2	Colon-rectum-anus	1822	32,19	38,44
H	3	Trachée, poumon	1508	32,60	51,51
H	4	Peau (spinocellulaire)	1367	19,65	NC
H	5	Vessie	866	15,75	16,16
H	6	Estomac	431	7,24	9,03
H	7	LMNH	384	8,73	12,16
H	8	Rein	366	8,06	11,30
H	9	Œsophage	345	7,43	9,47
H	10	Larynx	337	8,14	8,70
H	11	Mélanome	287	6,69	7,33
F	1	Sein	3456	75,62	93,49
F	2	Colon-rectum-anus	1449	20,05	24,37
F	3	Peau (spinocellulaire)	1017	8,96	NC
F	4	Corps utérus	519	9,30	9,99
F	5	Col utérus	461	5,16	7,70
F	6	LMNH	347	6,43	8,06
F	7	Mélanome	321	6,38	8,64
F	8	Trachée, poumon	310	6,15	10,10
F	9	Ovaire	295	5,70	8,43
F	10	Estomac	276	3,07	3,40
F	11	Thyroïde	274	8,36	10,11

TISM : Taux d'Incidence pour 100 000 Standardisé sur la population Mondiale. FRANCIM : Taux estimés au niveau National par le réseau FRANCIM ; NC : données non communiquées

Tableau 16: Localisations cancéreuses les plus fréquentes chez l'homme et la femme, à partir du registre général des cancers en Limousin (1998-2004) et comparaison avec les données Francim

Ce premier constat pose d'abord une interrogation (déjà annoncée) au sujet du système d'enregistrement des cas incidents du Registre Général des Cancers, au même titre finalement que les méthodes d'estimations nationales (un sujet de recherche à part entière). Le registre présente-t-il une bonne représentativité spatiale d'enregistrements au sein du territoire régional ? Les différences avec les taux nationaux sont-elles différentes en fonction des classes d'âge ? Une analyse critique de ce jeune système d'enregistrements est nécessaire pour la compréhension des résultats. Soulignons simplement qu'en considérant les taux FRANCIM comme des référentiels, nous devrions aussi avoir une analyse critique des systèmes d'estimations nationales à partir d'une surveillance sur 18% de la population

nationale. Le questionnement principal relève d'un problème d'échelles spatiales : ce constat de sous-incidence à l'échelle globale n'exclue pas l'existence potentielle de surincidences locales (infrarégionales) qui pourraient être corrélées avec la localisation des anciens sites d'exploitation d'uranium.

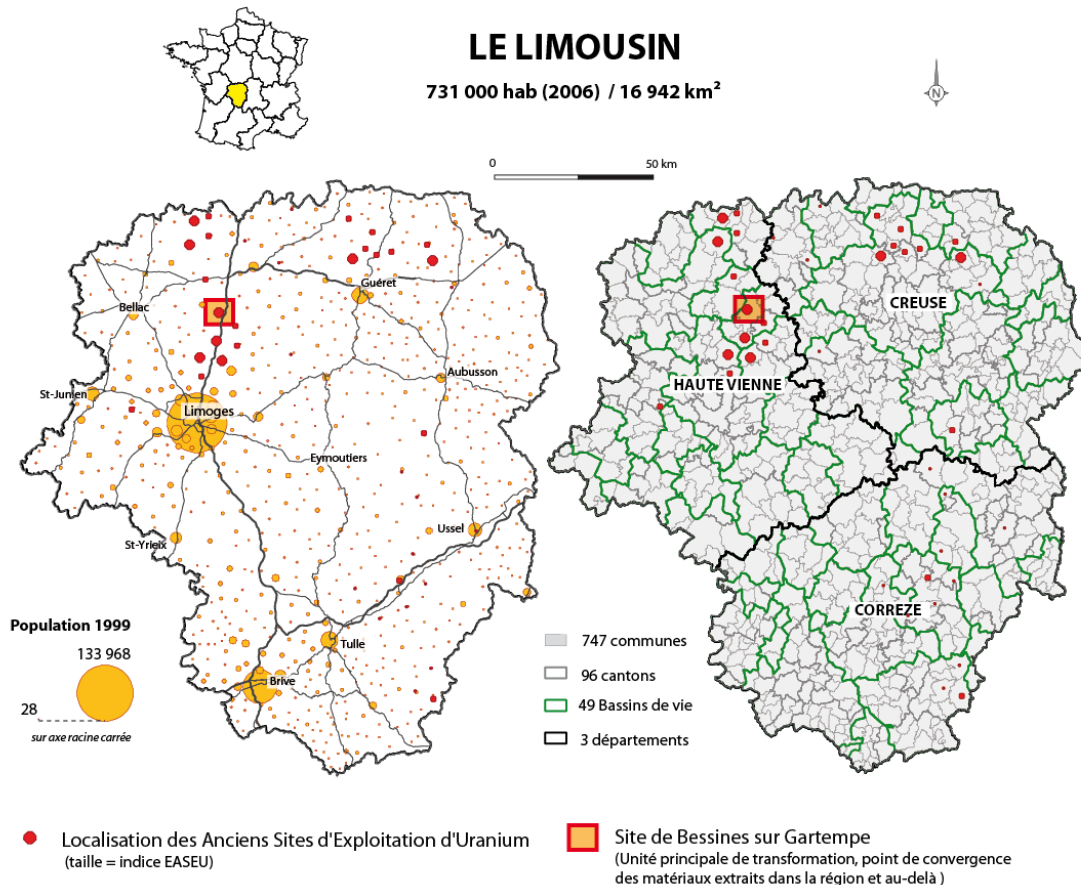


Figure 77 : Démographie, carte administrative et anciens sites d'exploitations d'uranium en Limousin

Plus de 95 % des sites sont situés dans la partie nord de la région (document 33) et l'unité principale de traitement où convergeaient tous les matériaux extraits est située à Bessines sur Gartempe, en Haute Vienne, au nord de l'agglomération de Limoges. Par ailleurs, plus de 85 % de l'activité d'extraction a eu lieu dans les sites de ce département. Au nord de la Creuse, l'extraction modérée s'est opérée par le creusement de nombreuses galeries, ce qui explique un indice EASEU parfois élevé (le nombre d'entrées de galeries et de puits influant sur l'indice en termes d'héritage¹⁴²). En Corrèze, hors opération de prospection, l'essentiel de l'activité (de faible ampleur) a eu lieu à Egletons et à St-Julien-aux-Bois. Ces différentes

¹⁴² cf. deuxième partie de la méthodologie : *Construction de l'indice EASEU*

localisations qui concentrent l'activité liée à l'exploitation de l'uranium offrent une bonne configuration territoriale pour la problématique posée : les communes concernées par l'exploitation d'uranium (39 sur 747) présentent une densité de population inférieure à 80 hab/km², ce qui est le cas de 92% des communes du Limousin (ce qui exclut les agglomérations et villes secondaires). Bien que concentrées au nord de la région, ces communes sont situées dans des bassins de vie différents : il existe ainsi de nombreuses possibilités d'analyses comparées entre communes ou entre bassins de vies en disposant systématiquement d'unités spatiales comparables (non exposées) en terme de taille géographique comme de densité de population.

A. *Présentation des résultats souhaitée par les acteurs*

Le cadre participatif pour l'élaboration de la méthodologie référentielle présentait l'avantage de mutualiser les compétences et les sensibilités de disciplines très différentes. A contrario, ce groupe d'experts insistait sur leurs missions de préconisations et de recommandations, notamment lors des argumentations conduites au moyen des résultats obtenus en région Limousin. L'étude visait en effet la mise en place d'une méthode à préconiser et non un diagnostic territorial conduisant à des recommandations d'ordre sanitaire. Il a ainsi été décidé de formaliser la présentation des résultats (sous la forme d'une fiche synthétique) et de fournir un guide méthodologique permettant l'interprétation. A la charge de l'institution qui a initié l'étude, d'interpréter les résultats et d'assurer le suivi sanitaire adapté (sanitaire et social : communication, échanges avec les élus, associations, entreprises, etc.).

Les indices, représentations spatiales et ajustements possibles étaient nombreux et les échanges qui ont arrêté le protocole définitif (que nous discuterons dans les parties suivantes) ont toujours donné lieu à un consensus, même lorsqu'une partie des informations étaient écartées. Nous présentons d'abord la structure de la fiche de synthèse. Dans un second temps, nous insistons sur les principaux choix qui ont conduit à réduire le nombre d'indicateurs. Enfin, quelques fiches exemples illustrent 3 types de quorum étudié : toutes pathologies cancéreuses, par organe et par sexe, et par organe en population totale.

1. Structure principale de la fiche de synthèse

Identique pour chaque type de quorum étudié, la fiche de synthèse est toujours constituée de 4 bandeaux horizontaux superposés. De haut en bas, elle présente :

- les indicateurs sur la source sanitaire (carte de fiabilité spatiale, pyramide des âges des cas observés et graphique par classe d'âge comparant les taux limousins et les taux français)
- la statistique globale descriptive (effectif, taux d'incidence brut, standardisés Europe et Monde) comme analytique (hétérogénéité, autocorrélation) du quorum
- les représentations spatiales superposant les structures agrégatives et les anciens sites d'exploitation d'uranium (Sir lissés, Epicentre Géographique, Kulldorf)
- les relations avec les facteurs environnementaux en ne présentant cependant que les résultats du modèle multivarié pour les 3 indices EASEU

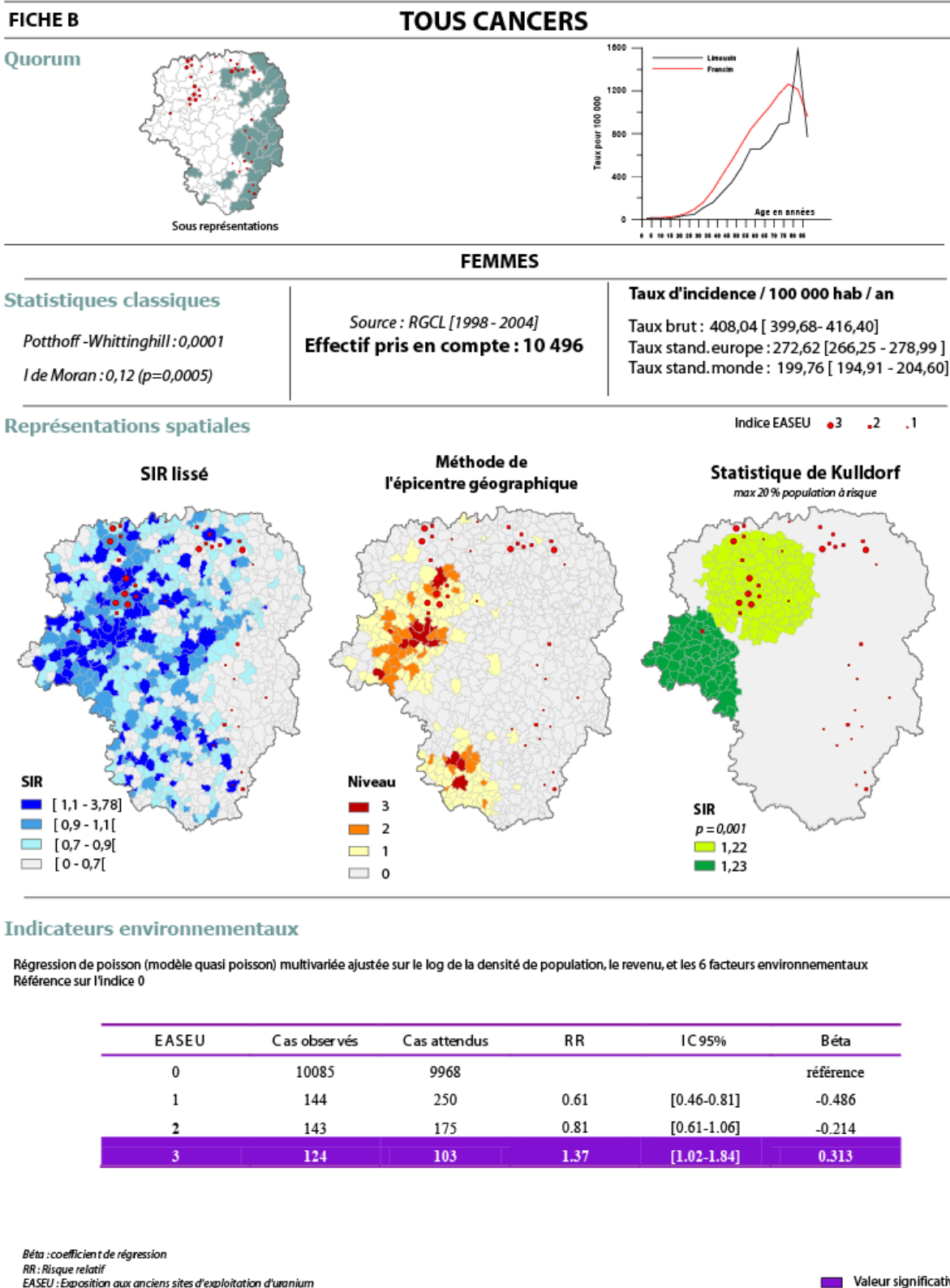
A titre d'exemples, les figures 78, 79 et 80 présentent respectivement les résultats obtenus pour les localisations suivantes: *Toutes localisations* chez la femme, la *prostate*, et le *rein* pour les deux sexes. Dans le document restitué à la fin du contrat de recherche (Boumédiène, 2009), la seconde partie est présentée sous la forme d'un atlas géostatistique présentant les 52 quorums traités.

2. Une formalisation pour des résultats à minima

L'ensemble de la méthode semblait difficile à préconiser dans un protocole qui serait ensuite conseillé auprès d'institutions qui délègueraient le plus souvent à des bureaux d'études. D'un point de vue pragmatique, elle ne pouvait être trop lourde à mettre en œuvre au risque qu'elle ne soit pas utilisée. Compte-tenu du nombre de tests statistiques et de représentations spatiales possibles, les débats ont porté sur ceux qui ne seraient pas retenus (le plus souvent sous couvert d'effet doublon). Le souci relevait encore une fois de la rigueur d'une méthode au fil protocolaire unique, sans variante possible. Les débats ont d'abord porté sur le choix des représentations spatiales : les SIR bruts, la deuxième étape de l'épicentre géographique et la lecture du gradient dans la statistique de Kulldorf ont été éliminés. Pour les mesures d'interactions avec les facteurs environnementaux, le débat fut différent car il portait sur l'intérêt de présenter l'ensemble des risques relatifs calculés dès lors qu'ils étaient significatifs. Les concertations (animées) ont conduit au choix de ne présenter que les indices EASEU, puisque la méthode ne visait que ce but.

3. Exemples de fiches de synthèse

Méthode d'identification d'agrégats spatiaux de cas incidents de cancers dans l'espace d'influence d'anciens sites d'exploitation d'uranium



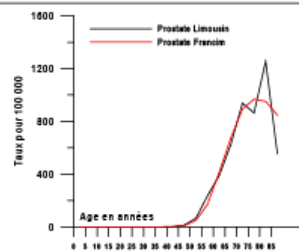
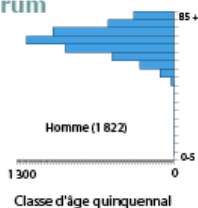
GEOLAB - RGCL - GEP (sept. 2009)

Figure 78 : Fiche de synthèse préconisée, Toutes localisations Femme [1998-2004]

FICHE 13

PROSTATE

Quorum



HOMMES

Statistiques classiques

Potthoff-Whittinghill: 0,0001

I de Moran: 0,138 (p=0,00001)

Source : RGCL [1998 - 2004]

Code CIMO 3 : C61

Effectif pris en compte : 3 947

Taux d'incidence / 100 000 hab / an

Taux brut : 204,91 [199,18 - 210,63]

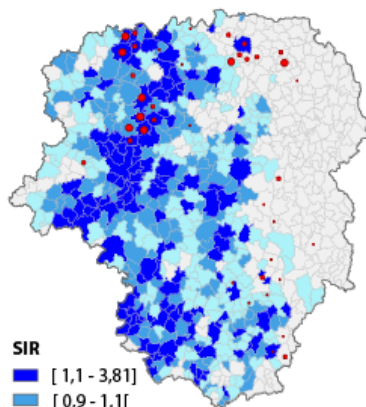
Taux stand. europe : 127,70 [123,92 - 131,47]

Taux stand. monde : 84,32 [81,71 - 86,92]

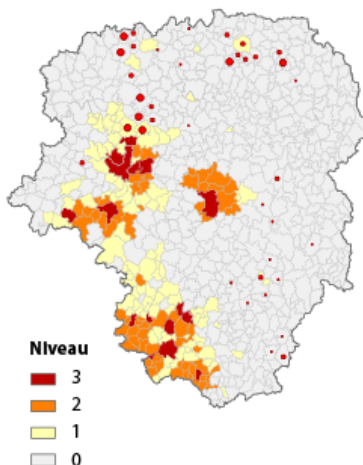
Représentations spatiales

Indice EASEU ● 3 ● 2 ● 1

SIR lissé

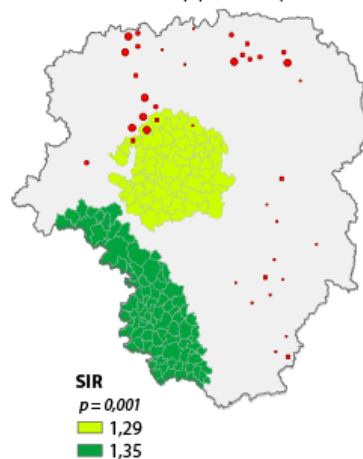


Méthode de l'épicentre géographique



Statistique de Kulldorf

max 20% population à risque



Indicateurs environnementaux

Régression de poisson (modèle quasi poisson) multivariée ajustée sur le log de la densité de population, le revenu, et les 6 facteurs environnementaux
Référence sur l'indice 0

EASEU	Cas observés	Cas attendus	RR	IC 95%	Bêta
0	4666	4667			référence
1	80	114	0.82	[0.57-1.16]	-0.203
2	113	89	1.24	[0.92-1.67]	0.216
3	64	53	1.34	[0.91-1.97]	0.291

Bêta : coefficient de régression

RR : Risque relatif

EASEU : Exposition aux anciens sites d'exploitation d'uranium

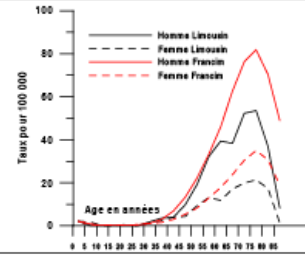
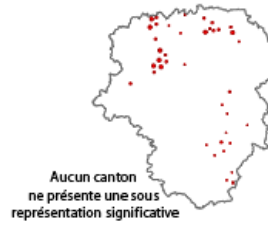
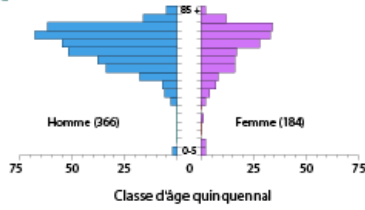
■ Valeur significative

Figure 79 : Fiche de synthèse préconisée, Prostate [1998-2004]

FICHE 15

REINS

Quorum



POPULATION TOTALE

Statistiques classiques

Homogénéité

Potthoff-Whittinghill : 0,039

Autocorrélation spatiale

I de Moran : 0,02 (NS)

Source : RGCL [1998 - 2004]

Code CIMO 3 : C64

Effectif pris en compte : 550

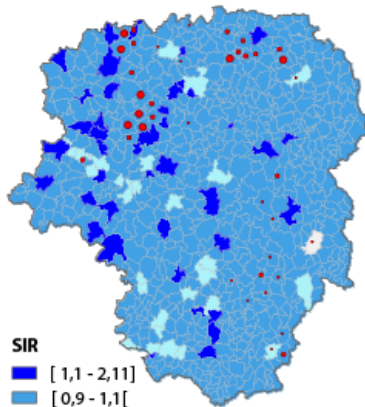
"Appareil urinaire" : 1 946

Sex ratio H/F : 1,99

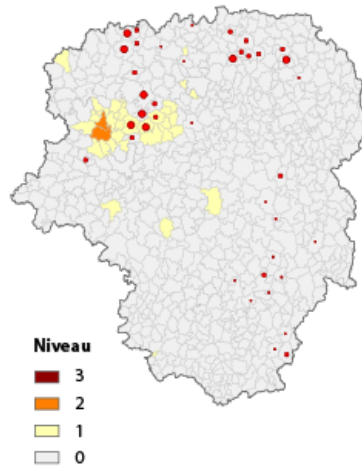
Représentations spatiales

Indice EASEU : 3 2 1

SIR lissé

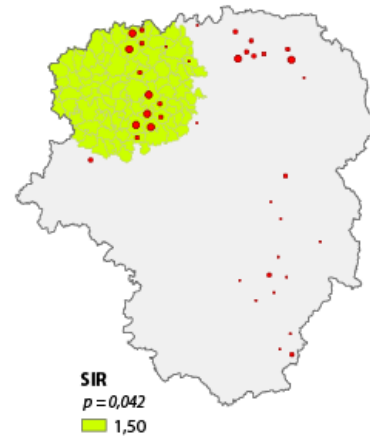


Méthode de l'épicentre géographique



Statistique de Kulldorf

max 20% population à risque



Indicateurs environnementaux

Régression de poisson (modèle quasi poisson) multivariée ajustée sur le log de la densité de population, le revenu, et les 6 facteurs environnementaux
Référence sur l'indice 0

EASEU	Cas observés	Cas attendus	RR	IC 95%	Béta
0	531	521			référence
1	4	13	0.30	[0.10-0.86]	-1.210
2	7	10	0.65	[0.29-1.46]	-0.423
3	8	6	1.69	[0.78-3.67]	0.525

Béta : coefficient de régression

RR : Risque relatif

EASEU : Exposition aux anciens sites d'exploitation d'uranium

■ Valeur significative

Figure 80 : Fiche de synthèse préconisée, Reins [1998-2004]

B. Essai d'interprétation pour le Limousin

Une analyse critique de la méthodologie ne pouvait avoir lieu sans considérer les résultats obtenus lors de sa première expérimentation. Cet essai d'interprétation a permis de mettre en évidence certaines limites de la méthode que nous discuterons dans la dernière partie.

L'interprétation que nous avons conduite relève de l'observation systématique de chaque pathologie.

Le premier critère d'intérêt est le résultat de la régression de Poisson avec l'indice EASEU. L'interprétation est tout de même fonction des résultats observés avec les 6 autres indices (notion de confusion environnementale).

Ensuite, l'étude comparée des résultats obtenus par la statistique de Kulldorf, l'épicentre géographique et le lissage bayésien permet d'apprécier si des agrégats se situent au droit des sites ou dans leurs environs immédiats. Le commentaire est appuyé par le test de Pothhoff et Whitinghill et l'indice de Moran qui supposent (ou non) l'existence d'une structure (organisation) spatiale dans la distribution géographique des cas incidents.

Enfin, les résultats sont appréciés en fonction de l'effectif du quorum et de la carte de fiabilité spatiale de la source d'informations sanitaires.

Pour permettre d'avoir une vision d'ensemble, nous avons réalisé un tableau d'Aide à la Décision (tableau 17). Ce tableau récapitule l'ensemble des résultats (la réponse *oui* dans la rubrique des représentations spatiales signifie que des anciens sites sont situés à l'intérieur d'agrégats) et une flèche signale les pathologies pour lesquelles nous engageons une discussion.

La présentation des résultats à l'échelle régionale répond à une logique de 3 questions successives : Toutes pathologies confondues, les espaces d'incidences les plus élevés de la région s'observent-ils au droit des communes EASEU ? La même question est élargie aux communes limitrophes, potentiellement réceptrices de stériles des mines pour les remblais BTP. Enfin, quelle est la spécificité des communes EASEU au regard des taux d'incidence observés ? L'interrogation principale de cette synthèse régionale est donc de savoir s'il existe une relation systématique entre les cas incidents de cancers (toutes pathologies, / organe, par sexe, etc.) et la présence d'anciens sites miniers.

Localisation	Sexe	Nombre	Potthoff & Whittinghill	Moran	Kulldorf Isoton.	Epicentre géographique* Rég. f	Facteurs de confusion f						Fiche	
							1	2	3	4	5	6		
ORL	H+F	1 453	0,0003	-0,02	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	1
ORL	H	1 242	0,0003	-0,02	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	1A
ORL	F	211	0,0096	-0,01	NS	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	1B
Esophage	H+F	393	0,0004	0,01	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	2
Esophage	F	345	0,0004	-0,01	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	2A
Esophage	H	48	NS	0,00	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	2B
Estomac	H+F	707	0,0001	-0,03	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	3
Estomac	H	431	0,0053	0,00	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	3A
Estomac	F	276	NS	0,01	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	3B
Colon-anus	H+F	3 271	0,0001	0,04	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	4
Colon-anus	H	1 822	0,0001	0,01	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	4A
Colon-anus	F	1 449	0,0001	0,03	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	4B
Foie	H+F	210	NS	-0,01	NS	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	5
Foie	H	164	NS	0,02	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	5A
Foie	F	46	NS	-0,04	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	5B
Pancréas	H+F	219	NS	0,04	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	6
Pancréas	H	129	NS	0,04	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	6A
Pancréas	F	90	NS	-0,01	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	6B
App. Respir.	H+F	1 847	0,0001	0,07	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	7
App. Respir.	H	1 529	0,0001	0,07	0,0250	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	7A
App. Respir.	F	318	NS	0,01	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	7B
Os et cart.	H+F	52	NS	-0,03	NS	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	8
T. Epid. Cut.	H+F	2 385	0,0001	0,03	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	9
T. Epid. Cut.	H	1 018	0,0001	0,05	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	9A
T. Epid. Cut.	F	1 367	0,0001	0,01	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	9B
Mélanome	H+F	608	0,0001	0,00	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	10
Mélanome	H	321	NS	0,07	0,0400	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	10A
Mélanome	F	287	0,0017	-0,01	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	10B
Sein	F	3 456	0,0001	0,10	0,0020	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	11
Ovaires	F	295	0,0490	0,02	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	12
Prostate	H	4 923	0,0001	0,14	< 0,0001	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	13
Testicule	H	107	NS	-0,03	NS	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	14
Rein	H+F	550	0,0390	0,02	NS	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	15
Rein	H	366	NS	-0,01	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	15A
Rein	F	184	NS	0,02	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	15B
Vessie	H+F	1 045	0,0001	0,03	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	16
Vessie	H	866	0,0001	0,03	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	16A
Vessie	F	179	NS	0,01	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	16B
SNC	H+F	294	NS	-0,05	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	17
SNC	H	170	NS	-0,06	NS	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	17A
SNC	F	124	NS	0,00	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	17B
Thyroïde	H+F	381	NS	0,10	0,0050	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	18
Thyroïde	H	107	NS	-0,03	NS	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	18A
Thyroïde	F	274	NS	0,14	< 0,0001	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	18B
LAM	H+F	161	NS	-0,03	NS	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	19
LAM	H	87	NS	-0,03	NS	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	19A
LAM	F	74	NS	-0,01	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	19B
LMNH	H+F	731	0,0001	0,00	NS	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	20
LMNH	H	384	NS	0,08	0,0050	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	20A
LMNH	F	347	NS	-0,02	NS	Non	Non	Non	NS	NS	NS	NS	NS	20B
Tout Cancer	H	15 332	0,0001	0,08	0,0500	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	A
Tout Cancer	F	10 496	0,0001	0,12	0,0005	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	B

Discussions pour des agrégats potentiels

→ Les agrégats discutés

Facteurs de confusion

- 1 : ICPE
- 2 : Industries
- 3 : Haute Tension
- 4 : Produits Phyto agricole
- 5 : Axes routiers
- 6 : Aléa radon

Tableau 17 : tableau d'aide à la décision

Nota : la réponse *oui* dans la rubrique des représentations spatiales signifie que des anciens sites sont situés à l'intérieur d'agrégats

La seconde partie traite des incidences élevées à l'échelle locale (commune et bassin de vie). Elle dresse la liste des pathologies dont les relations spatiales avec les anciens sites méritent d'être discutées (flèche rouge sur le tableau 17) dans le détail : d'abord par les localisations cancéreuses dont les indicateurs sont sans ambiguïté, puis ceux pour lesquels ils sont mitigés et enfin, les deux pathologies très souvent présumées en cas d'exposition à l'uranium (os et rein).

1. Résultats à l'échelle régionale

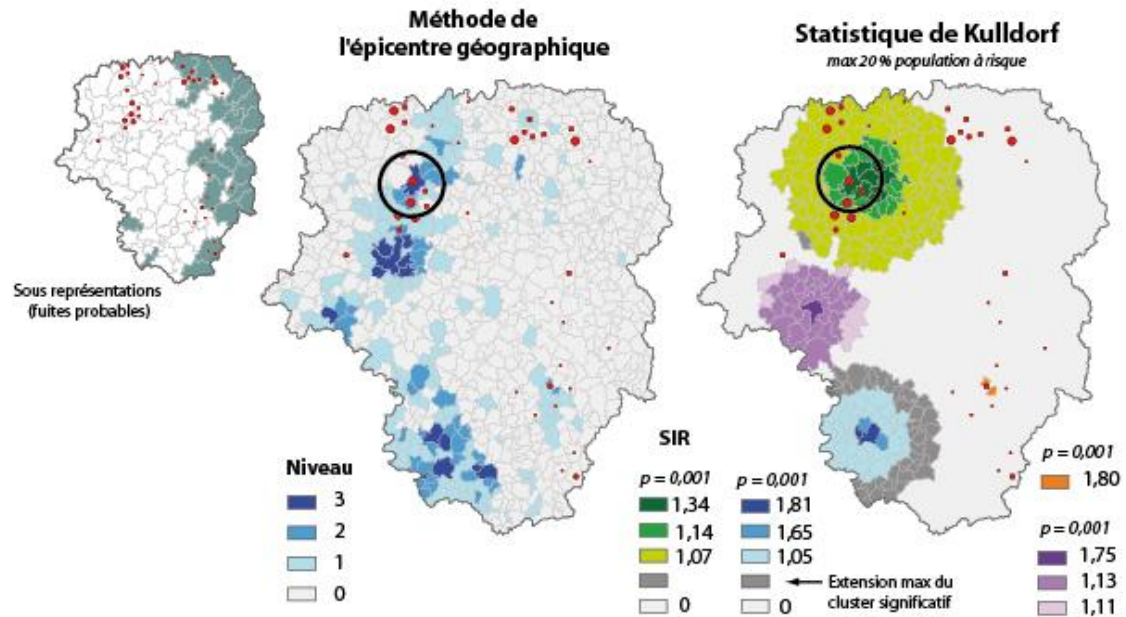
L'interprétation des résultats globaux a été réalisée après une lecture exhaustive et approfondie de l'ensemble des 52 fiches synthétiques. Cette interprétation empirique est organisée en trois temps. Tout d'abord une présentation de *toutes localisations* chez l'homme et chez la femme, pour situer l'incidence au droit des anciens bassins miniers par rapport à l'incidence sur l'ensemble de la région, quel que soit le type de cancer. Ensuite, nous répondons à une question spécifique des acteurs du GEP au sujet des zones de dissémination de stériles. Enfin, nous nous attachons aux tendances spécifiques et à la contribution des communes EASEU dans ce premier bilan régional.

Cancers toutes localisations confondues

Il existe une hétérogénéité marquée pour les quorums des deux sexes (Potthoff -Whittinghill et I de Moran sont significatifs). Dans les deux cas, l'ensemble des cantons en bordure orientale de la région sont significativement sous incidents ce qui suppose de nombreuses fuites d'enregistrements (influence de Clermont Ferrand et Montluçon) susceptibles d'expliquer une partie de cette hétérogénéité. La comparaison des taux par classes d'âge avec les références nationales semble montrer des valeurs inférieures en Limousin pour les classes inférieures à 75 ans mais supérieures pour les classes d'âge situées au-delà (voir figure 77). Quelles que soient les représentations spatiales visant à détecter les agrégats, le bassin minier de Bessines-sur-Gartempe¹⁴³ est systématiquement concerné, à l'inverse des autres bassins miniers de la région (nord Haute-Vienne, nord Creuse et est Corrèze).

¹⁴³ Le bassin minier de Bessines sur Gartempe est constitué de 7 communes situées au nord de l'agglomération de Limoges repérable sur la plupart des représentations spatiales produites (points rouges)

Hommes



Bessines sur Gartempe	Cas observés	Cas attendus	SIR brut (IC 95%poisson)	SIR lissé (IC 95%poisson)
Commune (homme)	85	60	1,41 [1,13 – 1,75]	1,40 [1,11-1,70]
Commune (femme)	65	40	1,60 [1,24 – 2,05]	1,53 [1,19-1,90]
Bassin de Vie (homme)	174	169	1,25 [1,07 – 1,45]	-
Bassin de Vie (femme)	104	84	1,22 [1,00 – 1,48]	-

Femmes

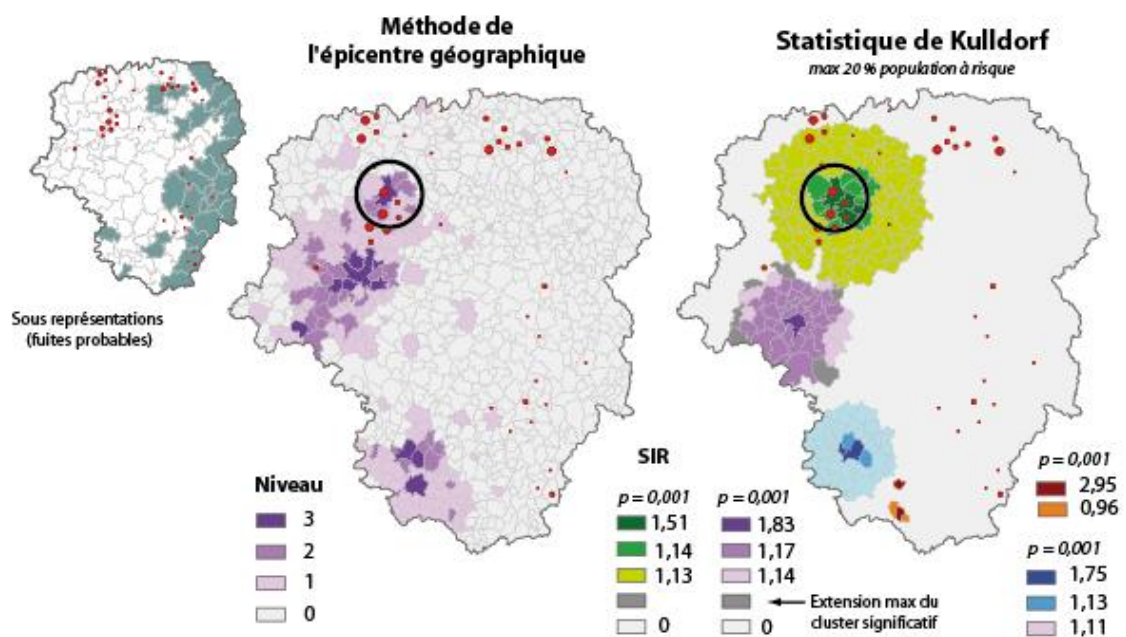


Figure 81 : Indicateurs utiles à l'interprétation, toutes localisations [1998-2004]

A l'échelle régionale (figure 81), trois agrégats sont détectés par la statistique de Kulldorf (Isotonic : lecture de gradient) : un en Corrèze (au sud ouest du département) et deux en Haute Vienne (aux environs de Nexon dans le centre ouest de la région et aux environs de Bessines au nord). D'un point de vue géographique, si les résultats diffèrent quelque peu entre les deux sexes (cœur et extensions de l'agrégat) pour le sud de la Haute Vienne et le sud de la Corrèze, le plus au nord (Bessines) propose des résultats stables et cohérents par l'ensemble des méthodes mises en œuvre.

Ce premier regard d'ensemble identifie donc trois zones de sur-incidences régionales, au sein desquelles le bassin minier de Bessines sur Gartempe semble être le moins élevé, si l'on observe les SIR donnés par la statistique de Kulldorf (le cœur de l'agrégat est systématiquement moins élevé que les deux autres). L'auto corrélation (I de Moran) est positive et significative. Elle montre donc une tendance agrégative au sein de la région. Le modèle multivarié met en évidence une augmentation du risque pour les communes de niveau 3 (RR = 1,37) pour les femmes. Cependant, si 3 communes sur les 8 d'indice EASEU de niveau 3 présentent une sur-incidence, Bessines est la commune qui participe le plus à cette sur incidence générale.

Pour les deux sexes, la sur-incidence générale observée au droit de Bessines est due à une augmentation modérée de l'ensemble des pathologies, alors que finalement peu d'entre elles sont significatives si elles sont prises individuellement (cf. partie suivante). Pour les hommes, les pathologies les plus (sur)-représentées sont la prostate, l'appareil digestif, les tumeurs cutanées épidermoïdes et dans une moindre mesure les tumeurs ORL, la vessie et les hémopathies malignes. On retrouve globalement la même répartition géographique et le même constat de sur-incidence chez les femmes, avec une augmentation des cancers de l'appareil génital, l'appareil digestif et les tumeurs cutanées.

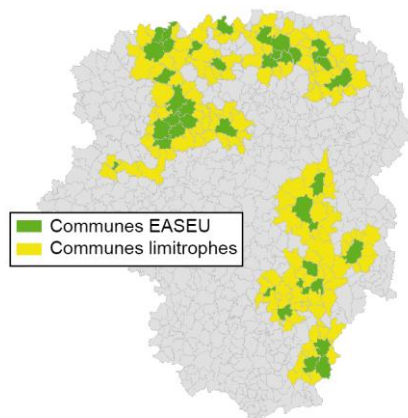
Dans le cas des pathologies significatives avec l'indice EASEU 3, une seule commune sur les huit présente systématiquement une sur-incidence significative : Bessines-sur Gartempe. Il semble donc exister une sur-incidence des cancers dans le bassin de vie de Bessines pour les deux sexes, qui s'exprime par une contribution de toutes les localisations. Cette sur-incidence chez les femmes suffit à elle seule à rendre une relation significative pour l'ensemble des

communes EASEU de niveau 3. Toutefois, soulignons qu'aucun maximum des sur-incidences régionales ne se produit au droit des anciens sites, ni même au droit de Bessines (ce constat est valable pour les quorums *toutes localisations* comme pour les quorums de chaque organe).

Les zones de dissémination potentielle des stériles dans la région

Les acteurs du GT2 souhaitaient une analyse particulière relevant de la dissémination spatiale des stériles. En effet, pendant plusieurs années, les stériles des sites d'exploitation d'uranium ont servi aux différents remblais des environs : principalement pour des pistes forestières, mais aussi pour les remblais de l'autoroute A20, différents soubassements de bâtiments, des rectifications topographiques de zones de circulation...

Cogema (devenue Areva) a tenu des registres de destinations à partir de 1984 bien que les pratiques existaient depuis longtemps. L'inventaire des zones de dissémination est actuellement en cours et n'est donc pas accessible. Les membres du GT2 ont donc dû partir d'un postulat : ce remblai « bon marché » présentait un avantage dès lors que le transport n'était pas trop important. A priori, la zone de dissémination n'a pu excéder les communes limitrophes aux anciens sites.



Nous avons donc calculé le SIR et son intervalle de confiance à 95% selon la loi de Poisson dans l'ensemble des communes ayant connu une exploitation d'uranium et leurs communes limitrophes. Notons que Limoges est alors concernée. Sur les 50 quorums testés, le seul SIR significatif concerne le cancer du sein.

Localisation	Observés	Attendus	SIR	IC 95% (poisson)
Sein	1 220	1 153	1,09	[1,03 - 1,15]
Sein (sans Limoges)	346	565	0,63	[0,57 - 0,70]

Figure 82 : Incidence du sein dans les communes en périphérie des anciens sites d'exploitation d'uranium

A peine significative sur l'ensemble de la zone d'influence, la sur-incidence des cancers du sein n'est plus significative dès lors que nous excluons la commune de Limoges. Ainsi, il ne semble pas que la simulation des disséminations sur les communes limitrophes aux anciens sites implique de réelles sur-incidences régionales.

Plus spécifiquement au droit des communes EASEU de niveau 3

En premier lieu, nous constatons qu'aucune pathologie cancéreuse n'est corrélée sur les 3 valeurs de l'indice EASEU. Trois quorums seulement (sur les 52 testés) témoignent d'une relation significative avec l'indice 3 EASEU (toutes localisations, foie et thyroïde toujours chez les femmes). Précisons que systématiquement, les 8 communes ne sont jamais toutes concernées et que Bessines-sur-Gartempe a toujours un poids important. Bessines est donc la seule commune (sur les 8 de niveau 3) à témoigner de SIR bruts significatifs : tous cancers Hommes et Femmes, colon-sigmoïde-rectum-anus (Femmes), foie (Femmes) et tumeurs épidermes cutanées (Femmes).

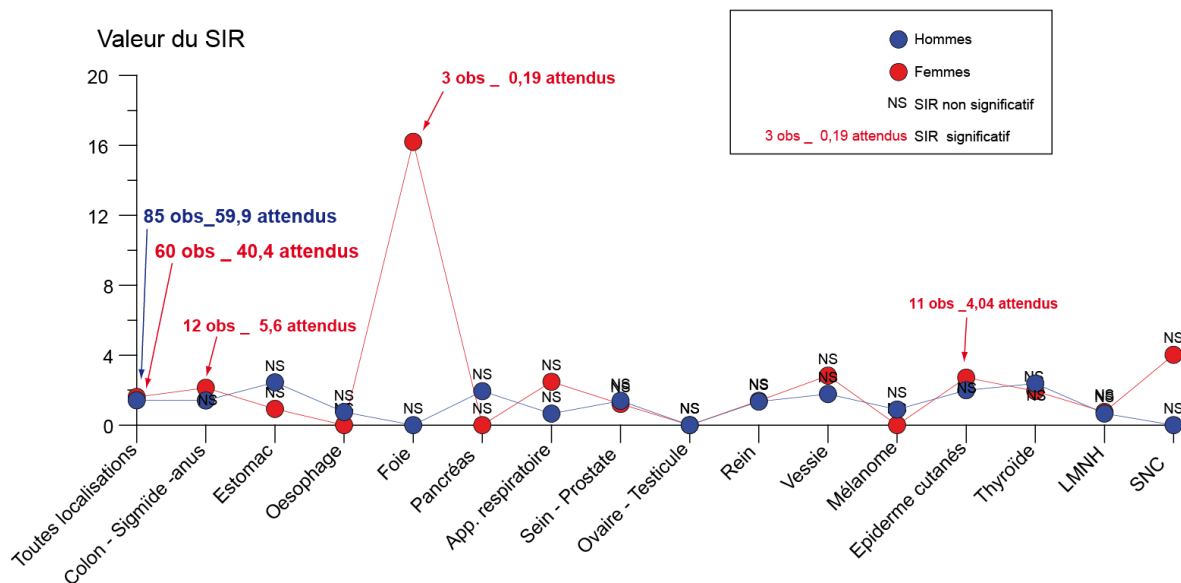


Figure 83 : Valeur des SIR pour la commune de Bessines sur Gartempe (1998-2004)

Aucun SIR significatif n'est détecté pour les 7 autres communes EASEU de niveau 3 (52 quorums testés). Bessines se détache des autres communes EASEU par les caractéristiques de son bassin de population : un effectif bien plus important (5 à 10 fois plus important) et un dynamisme démographique structurant à l'échelle de la Haute Vienne.

2. Résultats à l'échelle locale

Nous présentons ici 6 localisations pour lesquelles les structures agrégatives peuvent être mises en relation avec les communes EASEU. Les résultats sans ambiguïté concernent les cancers de la thyroïde et du foie. Les 4 localisations suivantes (prostate, colon sigmoïde rectum anus, tumeurs cutanées épidermoïdes et estomac) témoignent d'indicateurs plus mitigés qui engagent plus de discussions. Enfin, nous présentons les deux pathologies qui étaient « attendues » compte tenu de l'intérêt étiologique (os et cartilages, rein).

Les deux pathologies qui « clignotent »

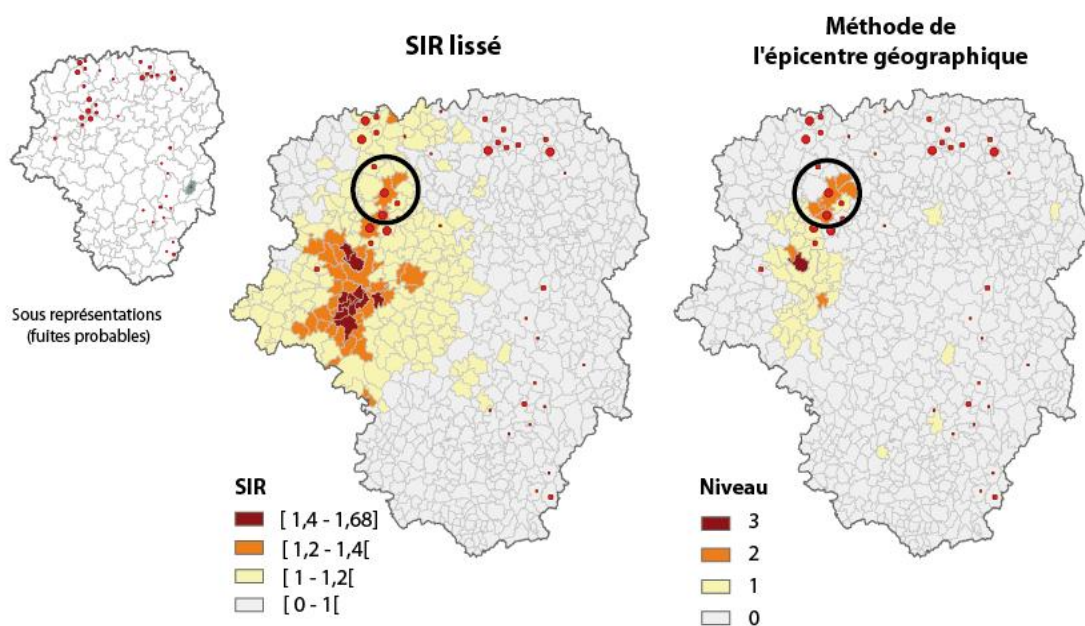
Le Foie

Chez les femmes, le modèle met en évidence une liaison significative avec l'indice de niveau 3 pour un RR de 9,11. L'absence d'hétérogénéité et l'absence de fuite d'enregistrement des cas assurent une bonne adéquation au modèle. Bien que le risque relatif soit très élevé, il ne s'agit que de 3 cas observés dans la commune de Bessines pour 0,18 cas attendus (le SIR lissé de cette commune est de 1,56 [0,58-3,86], donc non significatif une fois lissé). Pour cette pathologie assez rare (46 cas enregistrés chez les femmes en Limousin entre 1998 et 2004), l'agrégat de 3 cas est très localisé, de telle sorte que sans aucun cas supplémentaire dans les communes avoisinantes, le bassin de vie de Bessines reste significativement sur-incident. Le nombre de cas attendus passe de 0,18 à 0,39 de la commune au bassin de vie ; ce phénomène est donc d'abord le fait d'une pathologie rare à l'échelle régionale, mais à surveiller compte tenu de sa sur-représentation au droit de la commune.

La Thyroïde (figure 84)

Le cancer de la thyroïde chez les femmes présente l'indice d'auto corrélation le plus élevé de l'étude avec $I=0,14$. La source d'enregistrement ne semble pas montrer de fuites régionales. Le modèle multivarié met en évidence une liaison significative avec l'indice EASEU de niveau 3 (RR = 3,13) chez les femmes. La commune de Bessines ne présente que 2 cas pour 0,2 attendus ; mais c'est à une plus petite échelle (le bassin de vie) que les tendances deviennent significatives.

Glandes thyroïdes TOTAL



Bessines Glandes thyroïdes	Cas observés	Cas attendus	SIR brut (IC 95%poisson)
Bassin de Vie (femme)	6	2,13	2,81 [1,02 – 6,11]
Bassin de Vie (pop. Totale)	9	3,05	2,94 [1,34 – 5,60]

Glandes thyroïdes FEMME

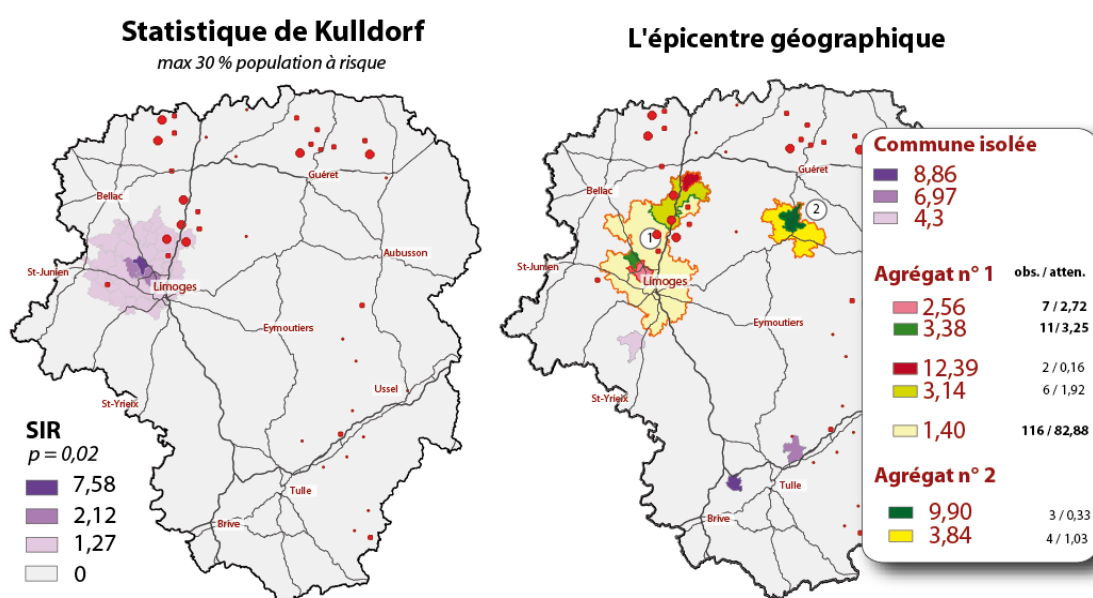


Figure 84 : Indicateurs utiles à l'interprétation, Thyroïde [1998-2004]

Le cœur de l'agrégat selon la statistique de Kulldorf est situé au sud ouest du bassin minier. Par contre, les SIR lissés et l'épicentre géographique intègrent le bassin minier dans les parties centrales de leurs agrégats spatiaux. L'agrégat détecté sur Bessines par la méthode de l'épicentre géographique n'est pas l'agrégat principal. Le plus important (le même qui a été détecté par la statistique de Kulldorf) se situe au nord ouest de l'agglomération de Limoges. Celui situé sur Bessines (comme d'ailleurs un autre agrégat détecté dans la partie orientale de la région : n°2 de la légende) présente un SIR élevé dont la significativité doit être relativisée au vu du nombre de cas attendus (inférieur à 2).

Toutefois, à l'échelle régionale, 6 des 8 communes d'indice EASEU de niveau 3 présentent des cas (seules les communes de Jouac et Dommeyrot ne sont pas concernées). Par contre, pour les hommes, aucune sur-incidence n'est observée.

Enfin, précisons qu'un seul facteur de confusion est significativement lié : le niveau 1 de l'aléa radon.

Les quatre pathologies engageant des discussions

Ces quatre pathologies présentent une cartographie qui attire l'attention. Cependant, le modèle multivarié ne met en évidence aucune relation significative. Pour ces interrogations de cas très précis, nous nous sommes appuyés sur les analyses univariées pour tenter de mettre en évidence des tendances qui s'annulent dans le modèle final.

Prostate (figure 79)

Dans les analyses univariées entre l'incidence de la prostate et chaque indice EASEU, la relation était significative avec l'indice 2 (RR = 1,32). Dans les représentations spatiales, le bassin minier de Bessines est en périphérie des agrégats identifiés par la statistique de Kulldorf et les SIR lissés. L'épicentre géographique recouvre les communes de Compreignac et de Saint Sylvestre, mais plus comme les périphéries nord de l'agglomération de Limoges que comme un épicentre potentiel situé sur le bassin minier.

Le cancer de la prostate est une pathologie très répandue, dont la distribution des agrégats ressemble fort à ceux de « tous cancers », à l'exception justement du bassin de Bessines. A ce titre, nous pensons que sa distribution spatiale est indépendante de la distribution géographique des anciens sites d'exploitations d'uranium, surtout au regard de la confusion

environnementale exprimée par les régressions ou le modèle multivarié qui présentent le nombre de relations significatives le plus élevé des quorums testés.

Colon- Rectum-Sigmoïde-Anus (figure 85)

La régression univariée est significative avec l'indice EASEU 2 (RR : 1,49) pour les hommes. La commune de Bessines témoigne une fois de plus d'une sur-incidence pour les hommes et les femmes. Le SIR lissé de 1,49 [0,97-2,11] est donc à la limite de la significativité. La commune de Bonnat en Creuse (indice EASEU 2) est elle aussi concernée.

<i>Colon-Sigmoïde- Rectum - Anus</i>	Cas observés	Cas attendus	SIR brut (IC 95%poisson)
Com. Bessines (femme)	12	5,62	2,13[1,21 – 3,72]
Com. Bessines (pop. totale)	22	12,72	1,72 [1,08 – 2,61]
Com. Bonnat (homme)	11	4,08	2,69 [1,34 – 4,82]
Com. Bonnat (pop. totale)	15	7,94	1,88 [1,05 – 3,11]

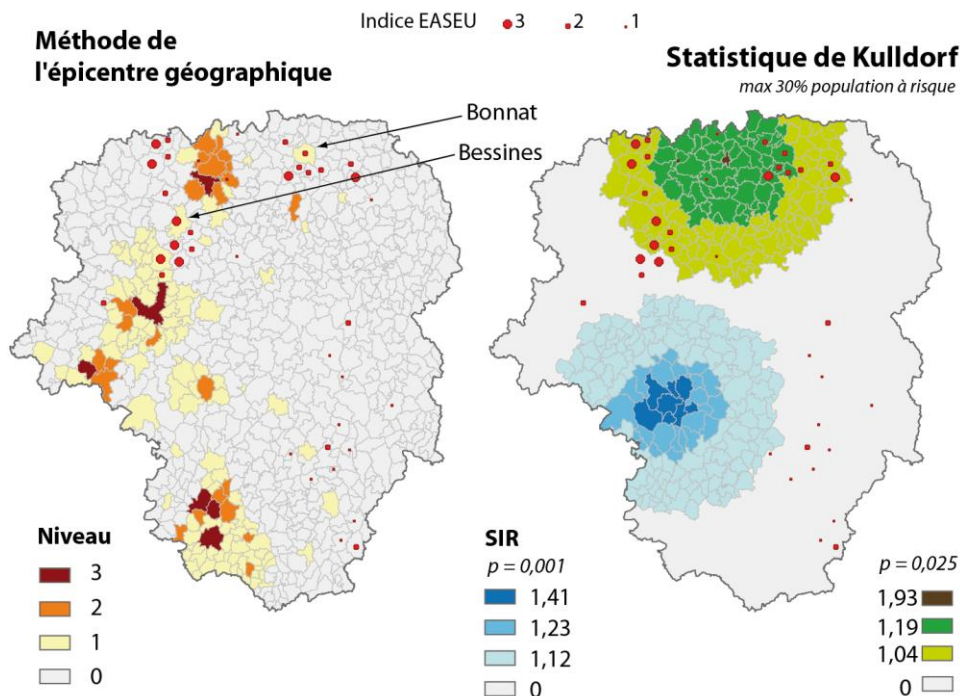


Figure 85 : Indicateurs utiles à l'interprétation, Colon- Rectum-Sigmoïde-Anus [1998-2004]

Bessines sur Gartempe et Bonnat sont donc les deux communes significatives au regard des sur-incidences de cette pathologie en population totale. Par contre, ce sont les femmes qui sont à l'origine de ce phénomène pour Bessines, alors que ce sont les hommes pour Bonnat. La statistique de Kulldorf situe le cœur de l'agrégat à l'ouest du bassin minier de Bonnat. L'épicentre le situe encore plus à l'ouest. La distribution géographique des agrégats ne semble pas particulièrement impliquer les communes EASEU (pas de cohérence de l'agrégat avec les bassins versants ou même au droit des communes à l'exception des deux exemples du tableau de la figure 85).

Les tumeurs cutanées épidermoïdes (figure 86)

Le modèle multivarié n'a pas mis en évidence de relations avec l'indice EASEU. Cependant, cette pathologie est en sur-incidence au droit de la commune Bessines avec une augmentation significative pour les deux sexes : SIR lissé = 1,99 [1,27-2,89].

Bessines <i>Tumeurs cutanée épidermoïdes</i>	Cas observés	Cas attendus	SIR brut (IC 95%poisson)
Commune (femme)	11	4,04	2,71 [1,35 – 4,86]
Commune (pop. Totale)	21	9,05	2,32 [1,43 – 3,54]

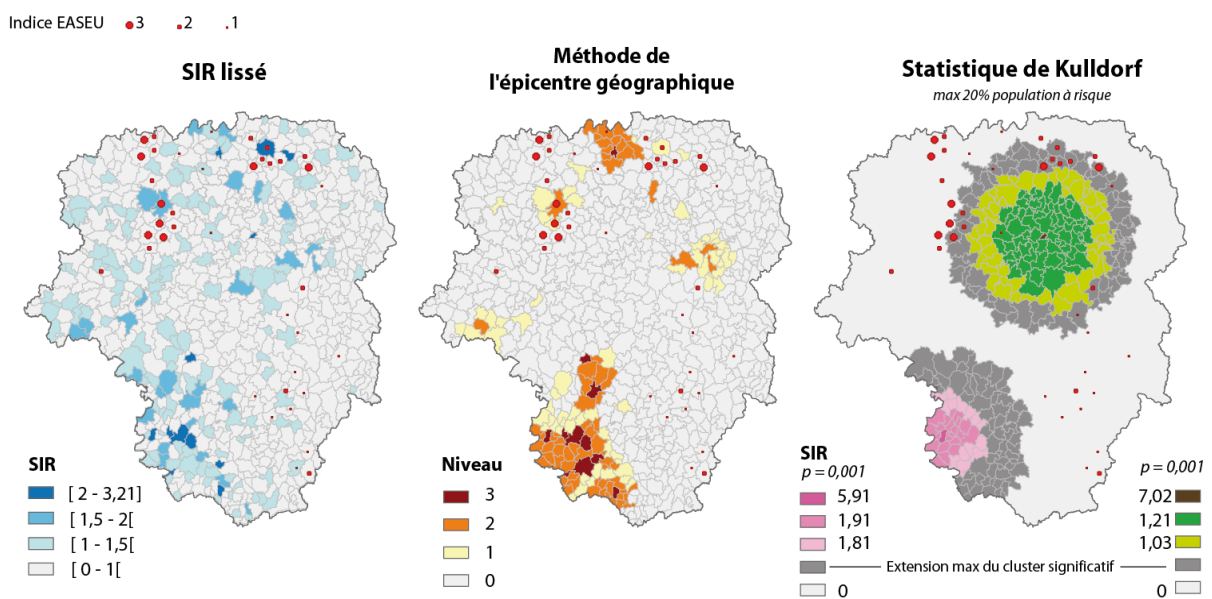


Figure 86 : Indicateurs utiles à l'interprétation, Tumeurs cutanées épidermoïdes [1998-2004]

Les représentations spatiales des SIR lissés et de l'épicentre géographique recouvrent partiellement le bassin minier de Bessines. Notons tout de même que les incidences les plus élevées se situent dans le sud ouest de la Corrèze, dans des espaces où l'indice EASEU est égal à 0. La statistique de Kulldorf est cohérente avec les sur-incidences observées dans le sud ouest de la Corrèze mais situe le second agrégat dans le sud de la Creuse : les bassins miniers de Bessines et du nord de la Creuse se situent dans la plus grande marge de cet agrégat de très grande taille.

Estomac

Comme pour les tumeurs cutanées épidermoïdes, le cancer de l'estomac présente une sur-incidence régionale au droit du bassin de vie de Bessines, en grande partie due aux hommes. Et comme la pathologie précédente, le modèle multivarié ne témoigne d'aucune relation significative avec l'indice EASEU.

Bessines <i>Estomac</i>	Cas observés	Cas attendus	SIR brut (IC 95%poisson)
Bassin de Vie (homme)	10	3,90	2,56 [1,22 – 4,70]
Bassin de Vie (pop. Totale)	12	6,17	1,94 [1,00 – 3,40]

L'estomac présente une sur-incidence dans le bassin minier ayant l'indice EASEU le plus élevé (une fois de plus Bessines). Cependant, cet agrégat est le plus faible de ceux détectés dans la région (remarque valable pour les trois dernières pathologies citées : prostate, colon-sigmoïde-anus, et tumeurs cutanées épidermoïdes).

Les présupposés étiologiques

Au regard de la bibliographie traitant de notre sujet, nous attendions les résultats concernant les reins, les os et le foie avec une attention particulière. Pour le foie, le résultat est déjà interprété. Mais pour le rein et les os, quelques précisions sont apportées.

Rein

L'existence d'un agrégat de cancers du rein est affirmée. Détecté par la statistique de Kulldorf, l'épicentre géographique et très visible sur les SIR lissés, un agrégat (dont le cœur à un SIR à 5,38 [$p=0,029$]) est situé directement à l'est du bassin minier de Bessines. Le modèle multivarié tendrait à orienter les recherches vers l'aléa radon. La localisation de l'agrégat semble ne pas être liée à priori à la localisation *in situ* des anciens sites d'exploitation d'uranium, mais un raisonnement par bassin versant (dans notre cas celui de la Gartempe) dessine une forme d'interaction qui n'est pas prise en compte par le modèle.

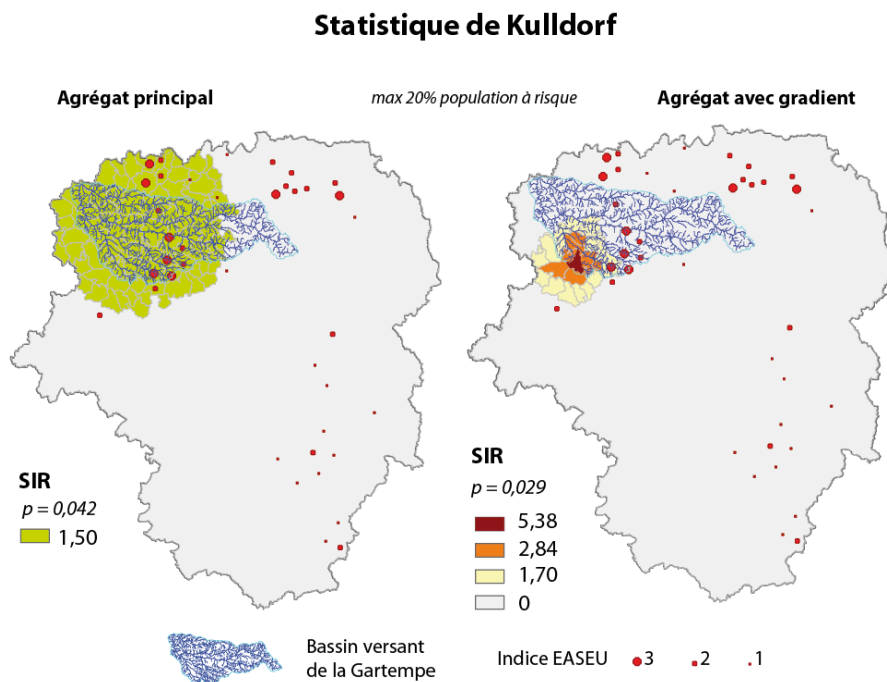


Figure 87 : Indicateurs utiles à l'interprétation, Rein [1998-2004]

L'ensemble du bassin minier de Bessines est situé dans le bassin versant de la Gartempe. Les deux techniques d'identification d'agrégat de la statistique de Kulldorf (*principal* et *avec gradient*) montrent une superposition entre le bassin versant de la Gartempe, les anciens sites et l'agrégat principal. Pour approfondir cette piste, les interrogations devraient notamment porter sur la localisation des bassins d'alimentation en eau potable, les usages de l'eau des puits, etc.

Os et Cartilage

Le risque de cancer des os et cartilage semble homogène sur l'ensemble du Limousin : pas d'auto corrélation ni d'agrégat détecté. Compte-tenu du très faible nombre de cas (52 sur une période d'observation de 7 ans), la probabilité de mettre en évidence une éventuelle structure spatiale ou une relation avec l'activité minière est très faible. Elle est toutefois possible puisqu'elle a été mise en évidence avec 46 observations pour le foie chez les femmes.

Pour conclure, nous rappelons que le territoire de Bessines sur Gartempe est le troisième agrégat régional (toutes localisations confondues). Cette sur-incidence significative n'est pas le fait d'une pathologie en particulier, mais d'une augmentation modérée et globale de toutes les pathologies. De ce fait, les surincidences significatives avec les 8 communes à l'indice EASEU 3 relèvent pour une très grande part des surincidences observées au droit de Bessines. Pour le dire plus simplement : sans Bessines, aucune relation significative avec les communes EASEU n'aurait pu être détectée.

Nous avons insisté sur 7 pathologies cancéreuses qui mériteraient de poursuivre les travaux à plus haute résolution. En premier lieu, la thyroïde et le foie sont les deux localisations pour lesquelles les indicateurs réagissent (notamment le modèle multivarié). Ensuite, les 4 pathologies pour lesquels les indicateurs sont mitigés (la prostate, le colon, les tumeurs épidermoïdes et l'estomac) ne sont pas statistiquement liées à la localisation des sites EASEU par le modèle multivarié malgré le fait qu'une simple superposition spatiale attire l'attention. Enfin, les cancers du rein et des os sont ceux qui proposent la plus grande cohérence au regard des critères étiologiques car ils stockent l'uranium ingéré, ce qui provoque des effets irréversibles. Le modèle multivarié ne trouve aucune relation significative alors que les représentations spatiales (notamment Kulldorf) tendent à mettre en relation un agrégat confirmé du cancer du rein avec le bassin versant de la Gartempe, où se situe l'ensemble des sites du bassin minier de Bessines (qui a assuré plus de 90 % de l'exploitation uranifère régionale). Cette dernière remarque permet la transition vers les limites et discussion de la partie suivante en mettant en lumière la limite la plus importante de la méthodologie : le modèle multivarié ne mesure les relations qu'*in situ* (au droit des communes). Le fonctionnement en système, notamment en bassin versant pour les problématiques liées aux transferts, n'est pas pris en compte.

C. Limites et discussions

Les discussions possibles au sujet de cette action-recherche sont nombreuses et notamment sur le jeu d'acteurs pluridisciplinaires regroupant des experts de différents horizons. Les choix méthodologiques arrêtés et le devenir de résultats sanitaires en sont les deux axes principaux. Les discussions concernant les jeux d'acteurs sont initiées dans la conclusion de ce chapitre, et seront approfondies dans la conclusion de cette seconde partie en intégrant le contexte de la seconde action-recherche de veille sanitaire consacrée aux maladies rares. Dans ce chapitre, nous limitons les discussions à deux aspects de la méthodologie : les limites liées aux sources d'informations et les discussions liées aux choix méthodologiques (modèle multivarié, fiche de synthèse, etc.).

1. Les limites liées aux sources d'informations

Dans cette expérimentation exhaustive (52 quorums testés sur 7 facteurs environnementaux sur une région entière), les traitements automatisés privilégient l'usage de référentiels démographiques (Base INSEE, Basias, Irep, etc.) et géographiques (BDtopo, limites administratives, etc), etc. Chacune de ces bases de données (notamment sur les facteurs environnementaux) est perfectible (soit en perfectionnant le système d'inventaire, soit tout simplement en actualisant les données). Les analyses étant conduites à une petite échelle géographique, la plupart de nos référentiels géographiques sont suffisamment précis pour lire des tendances régionales. Par contre, les informations sanitaires ou bien encore sociodémographiques ont une influence de premier plan sur la méthode et méritent quelques précisions qui mettent en évidence les limites d'un traitement systématique et exhaustif.

La source sanitaire

La première limite des résultats relève incontestablement des fuites (probables) d'enregistrements dans la partie est de la région. Cette sous-incidence très marquée n'est pas observable pour tous les quorums, et la plupart des agrégats discutés ne présentent pas cet artefact. Cette variable est appréciée grâce à la carte de fiabilité de la source sur les fiches de synthèse. Le phénomène est d'autant plus marqué que le quorum est important (prostate, sein...). Ce biais doit être pris en compte individuellement pour chaque pathologie, et les

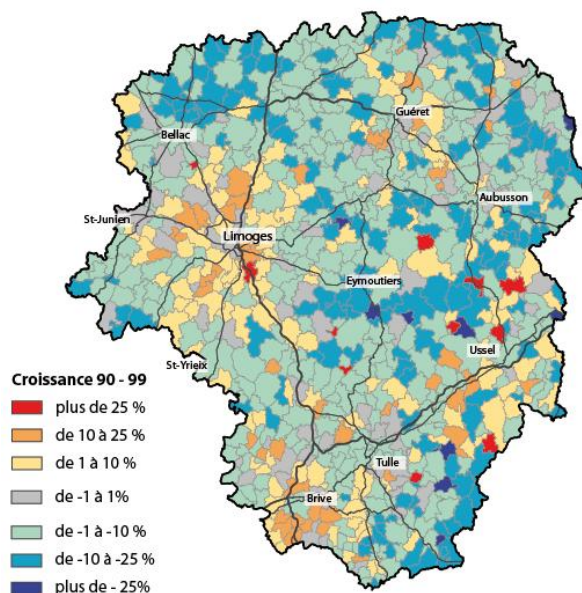
interprétations adaptées lorsque des secteurs de fuites d'enregistrements semblent être à l'origine de l'hétérogénéité observée. L'interprétation de ces « fuites » peut être multiple (attractivité régionale voisine, non promulgation de traitements lourds pour des sujets très âgés en zone rurale, ou simplement, inégalités d'accès aux soins pour les espaces éloignés des métropoles régionales, etc.)

La population exposée

Ne disposant que d'un seul recensement général de la population sur la période d'étude, nous avons utilisé le dernier accessible (1999) et l'avons multiplié par 7 (pour les 7 années d'enregistrements au registre). Nous ignorons ainsi les dynamiques démographiques (notamment les mobilités résidentielles) dans les calculs de la population exposée.

A la fin de l'année 2010, l'Insee commercialisera les résultats de ses recensements par classe d'âge réalisés sur la décennie 2000 – 2009. Cette nouvelle source démographique nous permettra d'améliorer l'évaluation de notre population exposée.

Variation de la population entre 1990 et 1999



Les périphéries urbaines peuvent témoigner d'une croissance de 25 % de leur population sur une décennie. Si les tendances démographiques se sont poursuivies sur notre période d'étude, nous sous-estimons alors la population exposée, donc sur-estimons les incidences.

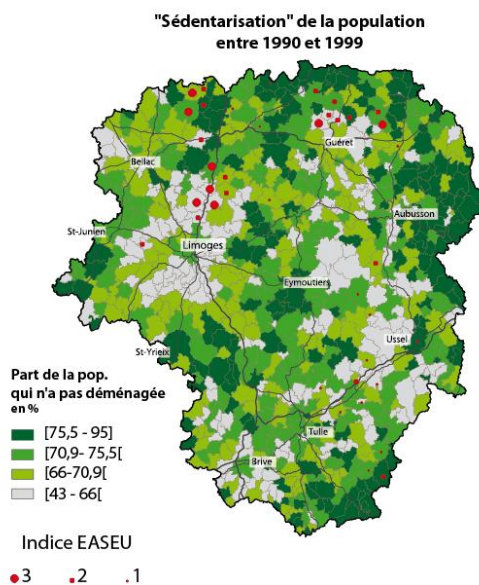
Dans les espaces plus éloignés des pôles urbains (comme c'est le cas des communes EASEU), les populations ont généralement baissé entre 10 et 20 %. Si les tendances démographiques se sont poursuivies sur notre période d'étude, nous sous estimons alors les surincidences.

Compte tenu de la bibliographie critique des techniques de lissage, une estimation annuelle optimiserait-elle la méthode ?

Figure 88 : Limite liée à l'évolution de la population entre deux recensements

Les variables sociodémographiques du modèle multivarié

Les résultats de l'étude montrent que nous devons considérer le territoire de Bessines comme un bassin de vie démographique structurant à l'échelle régionale, au même titre que celui de Nexon (agrégat du sud de la Haute Vienne) ou d'Allasac (agrégat du sud ouest de la Corrèze). L'activité d'exploitation uranifère a été structurante sur un plan économique et social (Brunet, 2004), mais aujourd'hui, le territoire de Bessines (avec son héritage EASEU mais pas seulement) s'inscrit comme un pôle démographique structurant à l'échelle départementale, voire régionale dans une moindre mesure. Dans ces premières analyses, nous avons standardisé les détections d'agrégats et le modèle multivarié avec la densité de population. Les indicateurs principaux sont de toute façon issus d'une standardisation indirecte pour les effectifs et l'âge. La structure démographique est donc globalement prise en compte dans notre méthode. Ce n'est pas le cas des critères sociodémographiques limités au niveau de revenus.



Certains indicateurs socio démographiques sont presque systématiquement utilisés (niveau de revenus, chômage...), mais d'autres méritent une attention particulière au regard de notre problématique : la mobilité résidentielle permet, par exemple, de savoir quelle est la part de la population qui n'a pas déménagé au cours de la dernière décennie.

Figure 89 : Exemple de données complémentaires pour le modèle multivarié

L'étude de ces critères peut-elle permettre d'établir un profil spécifique de cet ancien bassin minier ? Ce dernier est-il susceptible d'expliquer les surincidences observées ? Les premières observations sur le niveau de revenus des populations ne semblent pas l'exclure. Cette piste de recherche, dont l'objectif serait la mise en place d'un modèle multivarié associant des paramètres sociodémographiques pertinents, nécessite un temps de réflexion certain, ne

serait-ce que pour faire l'état de la question à partir d'une bibliographie approfondie. La ressource documentaire est exhaustive sur le sujet, mais le type de cancers étudiés peut déterminer un choix d'indicateurs différents. Un tel modèle serait alors ajusté pour chaque pathologie. Une étude à part entière sur les spécificités sociodémographique du bassin de vie de Bessines serait un éclairage certain pour comprendre cette troisième sur-incidence régionale. Dans le cas où les facteurs sociodémographiques ne seraient pas significativement différents des autres bassins de vie de la région, les suspicions sur les facteurs environnementaux (dont les anciens sites) seraient renforcées.

2. Les discussions sur les choix méthodologiques

Pour que la méthode élaborée puisse être transposable et reproductible par d'autres acteurs (objectif principal de l'InVs), des choix ont parfois été faits dans un intérêt de simplification. Certains de ces choix issus d'un consensus pluridisciplinaire ont tout de même imputé plusieurs indicateurs nécessaires aux interprétations. Pour conduire les nôtres, nous avons par ailleurs exploité des résultats qui ne seraient normalement pas présents sur les fiches (notamment l'étude comparée des deux représentations de Kulldorf, puisqu'il ne fallait en choisir qu'une pour la fiche de synthèse). Nous présentons deux des limites qui nous semblent constituer un véritable biais méthodologique : la valeur de l'indice EASEU et les principes du modèle multivarié.

La valeur de l'indice EASEU

Lors des trois premiers séminaires où la construction de l'indice EASEU était à l'ordre du jour, des discussions avaient eu lieu quant à l'existence d'un indice 4 pour Bessines sur Gartempe : en effet, ce site a concentré plus de 90 % de l'activité régionale puisqu'elle était l'unité de traitement principal : les plus gros volumes extraits se situent dans le bassin minier de Bessines et de plus, les autres sites y envoyaient leurs productions brutes (la plupart du temps déjà concassées).

Cependant, isoler le site principal constituait un a priori trop avancé et il a donc été regroupé avec les autres unités de niveau 3 (mines à ciel ouvert remblayées par des résidus et des stériles, petites unités de traitement, etc.).

Au regard des premiers résultats obtenus, le territoire de Bessines ne relèverait-il finalement pas d'un niveau 4 ? : « *Unité de traitement principale du réseau d'exploitation uranifère* », qui proposerait des résultats (peut être) différents dans le modèle de mise en relation avec les facteurs environnementaux.

L'interprétation de l'analyse multivariée doit être prudente : elle vise d'abord à prendre en compte la variabilité des autres facteurs environnementaux sur les résultats observés pour l'indice EASEU. Cependant, la sensibilité de chaque valeur de l'indice EASEU est d'abord fonction des effectifs des communes qui le composent : dans le Limousin, l'indice 3 concerne seulement 8 communes (pour 747 dans la région) : la significativité peut alors être due à la valeur d'une seule d'entre elle (notamment si elle a un poids démographique plus important) si le SIR observé est très élevé et significatif. Dans ce cas, ce n'est plus une relation avec l'indice EASEU à laquelle il faut s'intéresser, mais aux spécificités du bassin de population autour de cette commune (cas de la thyroïde et du foie, pour Bessines sur Gartempe), notamment lorsque ce bassin de population s'inscrit dans les agrégats sur-incidents (tous cancers confondus) détectés à l'échelle régionale.

Interprétations et modèle multivarié

Initialement¹⁴⁴, la méthodologie s'inscrivait clairement dans une approche descriptive, sans impliquer de lien de causalité, et dont la finalité consistait à superposer spatialement les sur-incidences régionales et la localisation des anciens sites. Le système participatif avec les experts du GT2 (7 séminaires d'une journée en 8 mois) a irrémédiablement conduit à finaliser la méthode par un modèle multivarié à visée analytique. Ce choix, pourtant pertinent sur le plan scientifique, a plus particulièrement mis en évidence ses limites au regard de l'interprétation qu'en souhaitaient les experts : *une relation significative avec l'indice EASEU est un résultat qui doit conduire à une étude plus spécifique à Haute Résolution (dossiers cliniques, enquête cas/témoins, mesures dosimétriques, etc.)*. Ces propos sous-entendent que dans le cas contraire, la relation n'étant pas démontrée, les investigations doivent s'arrêter.

Nous avons vu que le modèle peut ne détecter aucune relation, alors que spatialement les sur-incidences semblent être liées à la localisation des sites par la géométrie des bassins

¹⁴⁴ Conformément au cahier des charges du contrat de recherche

versants hydrologiques (ce n'est qu'un exemple). Les représentations spatiales (SIR lissés, Epicentre ou Kulldorf) permettent de le constater, mais le modèle n'apporte aucune information sur cette relation. Par sa conception, le modèle multivarié ne mesure les relations qu'au droit des communes concernées par un indice ordonné : c'est une analyse *in situ*.

Au cours du troisième séminaire, nous avons proposé une analyse qui prenait en compte les logiques de transferts entre bassins versants. Le principe était simple : l'indice EASEU était cumulé de l'amont vers l'aval.

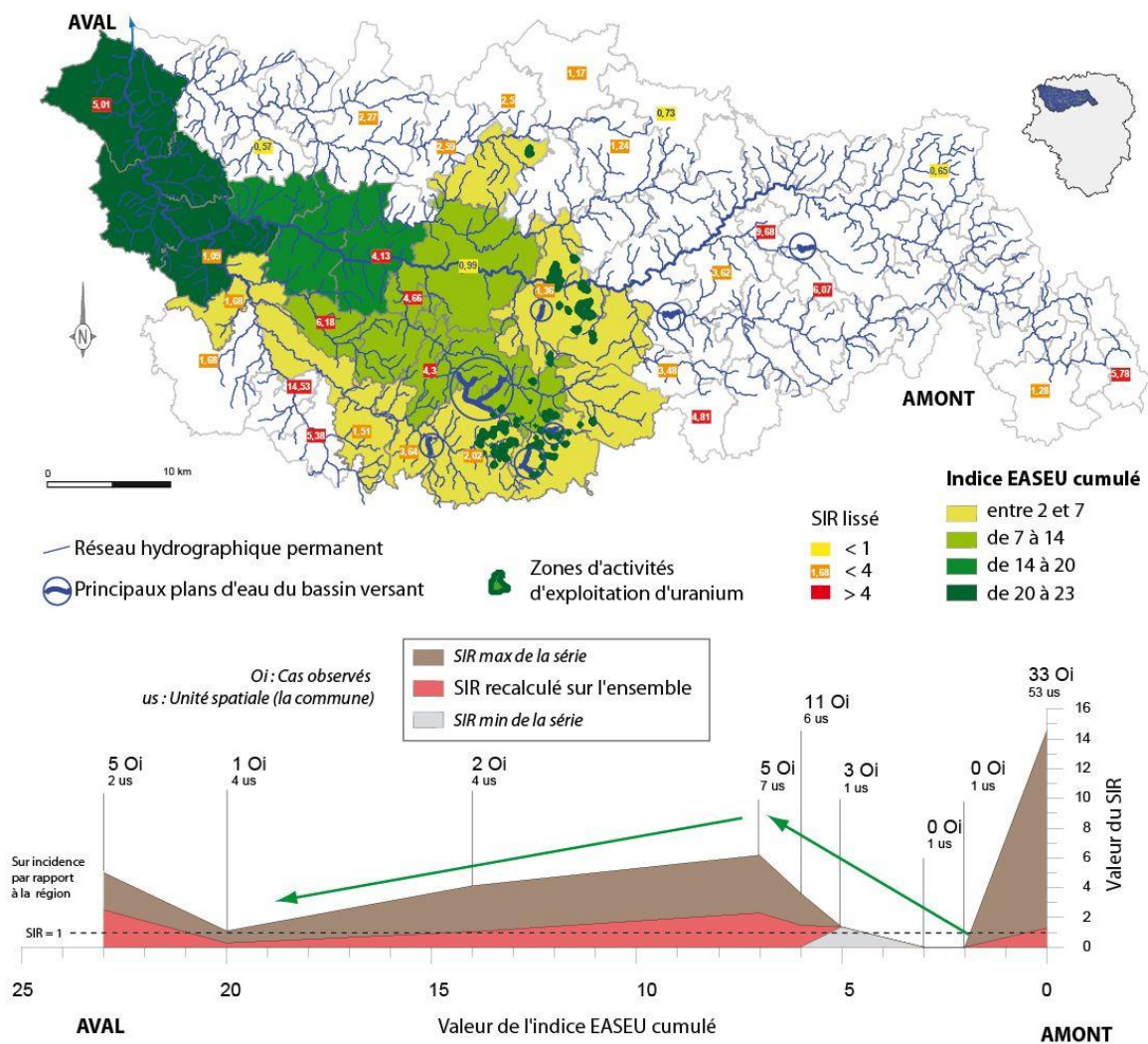


Figure 90 : méthode de mesure d'incidence selon la logique amont-aval d'un bassin versant
Exemple du bassin versant de la Gartempe et de l'incidence du cancer du rein [1998-2004]

Ainsi pour les communes qui n'hébergeaient aucun site, elles prenaient simplement la valeur des communes situées en amont. Pour celles qui hébergeaient des sites, l'indice était égal à la valeur *in situ* additionnée à celle de l'amont. Le document 44 est un schéma de la méthodologie proposée.

L'exemple est appliqué à la Gartempe en fonction de l'incidence du cancer du rein en population totale. Il existe des SIR élevés dans les parties amont et donc hors influence des sites. Néanmoins, le graphique (qui donne le SIR global, le SIR minimum et maximum de chaque valeur de l'indice EASEU cumulé) témoigne d'une tendance qui mérite attention : le SIR augmente en même temps que l'indice cumulé jusqu'à la valeur 7 où il atteint sa valeur maximale de 2,03 (il devient sur incident (>1) dès la valeur 5) ; ensuite, il baisse progressivement jusqu'à l'indice 20. Si une relation existe, la première phase s'expliquerait par un effet de « concentration » dans le bassin versant (96% des sites sont situés dans les communes d'indices 2 à 7), et la seconde par un effet de "dilution" compte-tenu du nombre de rivières affluentes qui convergent dans la partie terminale du bassin versant¹⁴⁵.

Les principaux plans d'eau (qui dans cette logique seraient des collecteurs) sont situés à des points de convergence situés dans des communes correspondant à l'indice 7. Ce constat pose de nombreuses questions quant aux habitudes de vie, aux zones de loisirs fréquentées, etc. Une autre géométrie, dessinée en fonction des réseaux d'adductions d'eau potable (aires de protection, unités de traitement et réseaux de distribution) serait aussi très pertinente.

A peine initiée, cette partie de la méthode a été écartée pour deux raisons principalement : la mise en œuvre alourdisait un protocole souhaité simple et « léger », et d'autre part, elle incluait des problématiques relevant d'un autre groupe de travail du GEP (le GT1 : *Sources et des transferts à l'environnement*). Le cloisonnement entre les Groupes de Travail semblait tel qu'il ne valait mieux pas introduire ce principe au risque de voir les experts du GT1 interférer sur la méthode. L'abandon de ce développement reste néanmoins le point faible d'une méthode qui ne mesure que les sur-incidences *in situ*.

¹⁴⁵ Dans le développement de la méthode, l'indice devrait prendre en compte cette dilution en intégrant un multiplicateur proportionnel à l'aire drainée, afin de pouvoir faire baisser l'indice en fonction de l'importance des rivières affluentes dont le bassin versant est dépourvu de sites.

Conclusion du chapitre IV

Les principaux acteurs du GT2 du GEP (Invs – IRSN – AREVA- Experts indépendants - Associations) ont, par vocation, motivé une étude plus proche d'une surveillance sanitaire territoriale que d'une démarche épidémiologique dont les intérêts étiologiques seraient à démontrer. Ils ont ainsi agrandi leur spectre d'outils dans une logique de prévention et de préconisation. Cette méthode, validée par l'ensemble des sensibilités présentes (épidémiologistes, médecins, exploitants, spécialistes de radionucléides, statisticiens...) est transposable dans différentes régions françaises. L'InVs la préconise dès lors qu'une suspicion ou qu'un signalement sanitaire émerge autour d'anciens sites d'exploitation d'uranium (GEP, 2010). Finalement, cette méthodologie vise une application préventive (et donc de surveillance sanitaire) permettant de dresser un diagnostic à différentes échelles, et qui mériterait probablement d'être mise en œuvre sans obligatoirement d'attendre un signalement sanitaire.

L'objectif n'intègre pas la prise en charge d'agrégats, et par conséquent l'étude ne traite pas de la communication ou de la médiation. Ce fait est tel, qu'à ce jour aucun acteur n'a utilisé ces résultats dans un but sanitaire. L'objectif était et est resté, jusqu'à la remise du rapport final du GEP en décembre 2009, une méthodologie dans une logique de préconisation et de prévention. Elle vise simplement à fournir des outils permettant d'assurer une surveillance sanitaire autour des anciens sites d'exploitation d'uranium et d'aider aux décisions d'investigations à conduire, sans prise en compte du contexte événementiel (médias, signalement officiel, actions engagées par des associations...).

Du point de vue méthodologique, le modèle multivarié affine incontestablement la significativité des résultats, mais la formalisation des indices environnementaux et le choix des critères sociodémographiques méritent des expérimentations hors Limousin. Enfin, l'analyse par bassin versant est incontestablement l'artéfact de cette méthode dénommée *un screening sanitaire des cancers à l'échelle du Limousin pour une veille autour des anciens sites d'exploitation d'uranium* (Boumédiène et al, 2009), le terme *autour* a ici toute son importance. La méthode, en ne prenant pas en compte l'ensemble des transferts possibles (bassin versant,

adduction eau potable, air, etc.), ne pourra alors prétendre à un diagnostic global à l'échelle régionale, et reste limitée aux mesures de sur-incidence au droit des communes.

Le Registre Général des Cancers (RGCL) serait le seul acteur assujéti à porter ces résultats à la connaissance d'un plus grand nombre. Il s'agit d'un acteur de la santé publique à l'échelle régionale, en charge de l'enregistrement de tous les cas incidents de cancers dans la région. Cependant, pourquoi porter ces résultats plus que d'autres ? En ne choisissant de ne faire apparaître que les résultats de l'indice EASEU, les membres du GT2 ont souhaité orienter les utilisateurs de la méthode vers des interprétations trop simplifiées. Mais le RGCL bénéficie de l'ensemble des résultats et par conséquent, sait que le cancer de la prostate est significativement lié à l'indice PHYTO, et que les agrégats détectés sur cette pathologie ressemblent étrangement aux limites du terroir de la Pommeraie limousine (culture nécessitant le plus de traitements phytosanitaires); d'autres pathologies sont aussi significativement liées aux ICPE, etc¹⁴⁶. Le screening sanitaire qui a été opéré a ouvert de nombreuses pistes de recherches pour l'étude des relations entre l'incidence des cancers et les relations avec les facteurs environnementaux, tout en offrant un état des lieux des sur-incidences localisées de chaque pathologie (matière première pertinente pour le RGCL).

Enfin, nous ne pouvons omettre de mentionner un biais classiquement rencontré dans les études épidémiologiques et qui relève des spécificités environnementales de la région. Cette préoccupation territoriale des relations entre les cancers et l'uranium est médiatisée et souvent mise au premier plan dans la première région uranifère de France. Par conséquent, la sensibilisation des médecins généralistes (comme de la médecine du travail), ainsi qu'une attention particulière des systèmes d'enregistrements sanitaires locaux ont pu conduire à un meilleur enregistrement des cas. Bien qu'à notre avis minime dans le cas de cette étude, ce biais possible mérite d'être mentionné.

Le devenir des résultats issus de cette méthode sera abordé dans la conclusion de la seconde partie. Avant cela, le chapitre V applique cette méthode à un autre seul quorum : la Sclérose latérale Amyotrophique.

¹⁴⁶ Données non présentées dans ce travail, mais déjà exposées au RGCL, à l'ARS, etc. au cours de réunions de groupes de travail sur le nouveau Plan Régional de Santé Publique

TIG ET DIAGNOSTIC TERRITORIAL D'UNE MALADIE RARE

(non transmissible)

La Sclérose Latérale Amyotrophique dans l'environnement limousin

Action-recherche en collaboration avec :

NeTeC : Equipe d'accueil 3174 de l'Université de Limoges

Référents impliqués : Pierre-Marie Preux, Michel Druet-Cabanac

Centre de Référence SLA Limousin, CHU du limousin

Référents impliqués : Philippe Couratier, Benoit Marin

Inserm : Appartenance à un réseau de recherche labellisé qui regroupe 7 laboratoires de recherches : *Réseau de méthodologie coordonnée d'investigations des agrégats spatiaux-temporels de SLA (2010-2011)*

UMR CNRS 6042 GEOLAB : Laboratoire de géographie environnementale

Intervenants : Farid Boumediene

Sommaire du chapitre V

TIG ET DIAGNOSTIC TERRITORIAL D'UNE MALADIE RARE

(non transmissibles)

La Sclérose Latérale Amyotrophique dans l'environnement limousin

Introduction du chapitre V	363
I. Objectifs et matériels	365
A. La Sclérose Latérale Amyotrophique en Limousin.....	365
B. Objectifs de l'étude	367
C. Les sources d'informations géographiques.....	369
II. Méthodologie pour l'incidence infrarégionale et les prospections environnementales	371
A. La modélisation géographique	371
B. Cartographie de l'incidence	374
C. Relations avec l'environnement.....	376
III. Résultats de l'incidence infra régionale	378
A. Une carte éclairée par le lissage des SIR	378
B. Détection des structures agrégatives	381
C. Trois agrégats de SLA en Limousin	383
IV. Premiers résultats sur les investigations environnementales	385
A. Investigations environnementales à l'échelle régionale	386
B. Les facteurs environnementaux dans les agrégats régionaux	394
Conclusion du chapitre V	397

Après avoir traité des maladies chroniques et d'un contexte environnemental rare, nous testons nos essais géomatiques sur une maladie rare dans un environnement aux expositions collectives « chroniques » : la plupart des pistes de recherches concernant la SLA et l'environnement concernent des expositions potentielles dans notre environnement quotidien (cyanobactéries, stations d'épurations, industrie chimique...). Cette recherche s'opère au sein d'un jeu d'acteurs différents (sujet traité également dans la conclusion de la seconde partie), mais elle insiste sur les mêmes préoccupations: une recherche d'agrégats spatiaux et des facteurs environnementaux susceptibles de les expliquer.

Etudes de cas sur la Sclérose Latérale Amyotrophique (SLA)

La Sclérose Latérale Amyotrophique (SLA) est une affection neurodégénérative du système nerveux dont la durée de survie médiane n'est aujourd'hui que de 3 ans. Cette maladie suit une répartition géographique hétérogène à la surface du globe : le taux d'incidence connu le plus élevé concerne l'île de Guam (55 pour 100 000 habitants/an) (Rodgers-Johnson, 1986) ; en Europe, il avoisine 1,5 pour 100 000 habitants/an (Gil, 2007). Des études d'incidences et d'identifications d'agrégats spatiaux existent pour de nombreux pays occidentaux : Etats-Unis (Taylor, 1989 ; Turabelidze, 2008), Italie (Giagheddu, 1993 ; Uccelli, 2007), Suède (Gunnarson , 1996), Finlande (Sabel, 2003), Angleterre (Scott, 2009), France (Corcia, 2003). L'exemple portant sur le sud est de la France métropolitaine entre 1975 et 1992 est particulièrement intéressant : comme pour les autres études citées, des agrégats ont été identifiés, mais le fait que 9 couples étaient concernés dans le corpus excluait des hypothèses exclusivement génétiques. L'implication de facteurs environnementaux exogènes ou infectieux est alors mise en avant et témoigne de la nécessité d'approches écologiques à différentes échelles spatiales : du régional au local.

Dans ce chapitre, la méthode de détection d'agrégats spatiaux mise en place dans le chapitre IV a de nouveau été expérimentée. Pour cette pathologie rare (177 cas observés en 11 ans en Limousin, région sur-incidente à l'échelle européenne), cette méthodologie a été approfondie par le recours à de nouveaux indicateurs de structures agrégatives à l'échelle locale. Pour les

mesures d'exposition collective aux facteurs environnementaux, un nouveau modèle a été expérimenté afin d'optimiser les prospections environnementales (à l'inverse du précédent chapitre qui, à petite échelle, utilise des indices « grossiers » qualifiés d'archétypes). Cette fois, les interactions spatiales observées avec des objets géographiques spécifiques (usine, stations d'épurations, etc.) sont interprétées comme des sources d'exposition potentielle à des substances identifiées en fonction de l'avancée des recherches cliniques.

Une maladie et des expositions environnementales collectives multiples

Les questions concernant les facteurs environnementaux suspectés de favoriser une sur-incidence de SLA se sont fortement diversifiées ces dernières années (Gil, 2007 ; Mulder, 1987; Cyrtis, 2002 ; Gil, 2007(b)). Les éléments métalliques, les solvants, les éléments chimiques ou bien encore les matériaux plastiques ont été des pistes privilégiées depuis les années 1980. Marginales durant la décennie 1990-2000, certaines pistes de recherches concernant l'exposition aux rayonnements ou aux produits phytosanitaires sont de nouveau investies (Quershi, 2006 ; Johansen, 1998 ; Kheifets, 2009 ; Mc Guire, 1997 ; Doi, 2006), dont notamment les travaux sur le nombre de cas anormalement élevé parmi les vétérans de la guerre du Golfe (Miranda, 2008). En se multipliant, les pistes environnementales confortent la conclusion de nombreuses publications à son sujet : la SLA est une maladie aux facteurs de risques multiples, aussi bien génétiques qu'environnementaux.

L'hypothèse la plus récente concerne le thème des cyanobactéries. Ces algues microscopiques produisent en effet plusieurs substances neurotoxiques, dont la L-BMAA (Béta-N-méthylano-L-alanine). Paul Cox (Jackson, Wyoming) l'a précisément identifiée dans la chaîne alimentaire des habitants de l'île de Guam (Cox, 2002 et 2003). Cette neurotoxine a également été identifiée dans les cerveaux des patients décédés de SLA au sud de la Floride (Pablo, 2009), ainsi que dans des eaux douces et/ou saumâtres aux USA et en Europe (Metcalf, 2008 ; Banack, 2007).

La méthodologie présentée dans ce chapitre vise à conduire simultanément une analyse des structures agrégatives (identification de *clusters*) et une analyse de l'exposition collective à des substances identifiées dans la bibliographie spécialisée (critère étiologique confirmé ou prospectif). La démarche géographique proposée est une approche écologique à visée

descriptive, mais dans une prospective analytique. Dans cette logique prospective de prévention et d'identification de population à risque, la région Limousin bénéficie d'une situation privilégiée puisque le Centre de Référence SLA du CHU de Limoges (labellisé depuis 2005) a été mis en place et est dirigé par le Pr Ph. Couratier depuis 1986. L'enregistrement systématique des patients résidant dans la région est d'autant plus exhaustif que le suivi médical nécessite une prise en charge par un Centre Hospitalier Universitaire. La modélisation géographique permet ainsi de réaliser un premier diagnostic géographique à l'échelle infrarégionale. Les discussions portent principalement sur la cohérence des résultats observés à l'échelle régionale et ceux observés à grande échelle, dans les agrégats spatiaux préalablement identifiés. Enfin, les perspectives présentent les évolutions prochaines des modèles géographiques dont nous n'exposons ici, finalement, que les premiers résultats.

I. Objectifs et matériels

L'incidence de la SLA observée en Limousin dans les études récemment conduites à l'échelle régionale précède l'exposé de nos objectifs méthodologiques et disciplinaires : il s'agit de concevoir des modèles géographiques permettant la mesure de l'incidence infra régionale, et dans un second temps, de conduire des analyses spatiales intégrant les infrastructures, installations ou milieux naturels pouvant être mis en relation avec les critères étiologiques de la bibliographie spécialisée. Enfin, nous présentons les principales sources d'informations utilisées pour la mise en œuvre de la méthode.

A. *La Sclérose Latérale Amyotrophique en Limousin*

Après un rapide rappel des aspects cliniques de la maladie, la présentation de la population d'étude permet de situer les enjeux d'une étude infrarégionale dans une région significativement surincidente à l'égard des autres études régionales en Europe.

1. Aspects cliniques

La SLA est une affection neurodégénérative, la plus fréquente des maladies du motoneurone. Elle se caractérise par l'association d'un déficit moteur progressif central et périphérique touchant les muscles du corps et provoquant une amyotrophie et des troubles respiratoires. La dégénérescence concerne les faisceaux pyramidaux corticospinaux. Une première forme concerne l'atteinte du tronc cérébral et/ou du bulbe impliquant des troubles de déglutition et de la parole (forme bulbaire), tandis que la seconde est une atteinte des membres supérieurs et/ou inférieurs (forme spinale). Elle est ainsi marquée par une dégénérescence des neurones du cortex moteur et des motoneurons périphériques du tronc cérébral et de la moelle responsable d'une amyotrophie neurogène des muscles innervés par ces motoneurons. L'âge moyen du début de la maladie se situe vers 56 ans bien qu'il existe des formes de début plus précoce ou plus tardif. Souvent fatale entre deux et cinq ans après le début de symptômes, la médiane de survie est de 36 mois en l'absence de traitement (Kouassi, 2008).

2. La population d'étude

Pour la population d'étude, le centre de référence du CHU de Limoges disposait (en 2008) de 412 cas enregistrés depuis 1986. Entre le mois de janvier 1997 et le mois de juillet 2007, sur les 199 cas notifiés, 177 ont été considérés éligibles pour l'étude après vérification des critères d'Escorial (*certain* ou *probable*) par le neurologue¹⁴⁷.

Le quorum constitué présentait un sex-ratio équilibré (52,5% de femmes), un âge moyen de diagnostic de 67,2 années (+/- 11,9 années) sans différence selon le sexe. Il existait une prédominance des formes spinales (67,5%). Concernant le suivi, 80,8% des patients étaient décédés. La médiane de survie (méthode Kaplan-Meier) de 15 mois (très court à l'égard des 36 mois cités précédemment) était significativement plus élevée dans les formes spinales : 18,3 mois tandis qu'elle était de 11,2 mois dans des formes bulbaires ($p < 0,001$). Cette valeur de médiane de survie est issue du suivi de dossiers dans la thèse d'Isabelle Kouassi (2008). Cette valeur anormalement basse n'a pas encore été critiquée et analysée par le Centre de Référence, mais ces analyses sont prévues sur un nouveau quorum plus large¹⁴⁸.

¹⁴⁷ Cf. (Kouassi,2008) pour la description plus détaillée de la population d'étude

¹⁴⁸ Analyses postérieures à ce doctorat

3. L'incidence en Limousin

L'incidence régionale par la méthode de capture-recapture à partir d'un système multi-source est estimée à 4,9 cas pour 100 000 hab./an (Preux, 2000), tandis qu'une approche plus classique sur la décennie 1997 – 2007 (Kouassi, 2008) l'estime à 2,5 cas pour 100 000 hab./an. La référence européenne est généralement appréciée autour de 1,5 pour 100 000 habitants (Gil, 2007 ; Brooks, 1996), ce qui situe la région Limousin comme sur-incidente à l'échelle européenne. L'incidence infrarégionale n'est généralement pas abordée, à l'exception d'une thèse de médecine en 2008 (Kouassi, 2008), dans laquelle nous avons testé nos premiers modèles géographiques.

B. Objectifs de l'étude

Le premier objectif est l'identification des agrégats spatiaux de SLA dans la région Limousin. Cette première question est posée indépendamment de la distribution géographique des facteurs environnementaux suspectés. Dans un second temps, les relations avec ces derniers sont étudiées à l'échelle globale (régionale) et locale (dans les agrégats).

1. Distribution agrégative de la SLA

Disposer d'une source d'information exhaustive permettant une géolocalisation (positionner un point dans une cartographie numérique à partir des coordonnées géographiques) de chacun des patients conduit rapidement à des préoccupations d'identification de *clusters*, d'autant plus quand il s'agit d'un Centre de Référence d'une pathologie rare.

Les postulats sur les structures agrégatives sont les mêmes que pour la précédente étude de cas :

- *En épidémiologie spatiale, l'agrégat se définit comme un regroupement (anormal) dans le temps et/ou dans l'espace de cas de maladies, de symptômes ou d'évènements de santé au sein d'une population définie (Germonneau, 2005).*
- *Un agrégat peut ainsi être le résultat d'une sur-incidence observable sur une longue période, en cohérence avec une exposition chronique à de faibles doses (contexte résidentiel, espace de vie hors professionnel, exposition indirecte...).*
- *Les agrégats que nous recherchons dans cette étude sont de deux ordres : une tendance agrégative d'individus au sein de chaque unité spatiale et une tendance agrégative des unités spatiales dans leur distribution géographique.*

L'échelle de temps est quant à elle définie par les dates de début et de fin d'enregistrement des cas observés (un peu plus de 10 années dans le quorum utilisé pour cette étude : de janvier 1997 à juillet 2007).

L'objectif principal est donc de proposer une modélisation géographique permettant une lecture des structures agrégatives spatiales au sein de la région Limousin. A l'inverse du chapitre précédent devant proposer une méthode unique pour tous les quorums, l'étude de la SLA (et donc un seul quorum) a permis de prospecter à la recherche de nouveaux indicateurs.

2. SLA et environnement

Les indices des facteurs environnementaux utilisés dans la méthode précédente étaient « grossiers » en cohérence avec un groupe d'acteurs souhaitant traiter des archétypes d'exposition environnementale pour la prise en compte d'un biais appelé *confusion environnementale* (l'indice EASEU était quant à lui plus « fin »). Par exemple, pour la présence d'industries potentiellement polluantes, c'est le nombre total par commune qui était considéré sans distinction de la nature des industries. Dans ce chapitre, l'objectif secondaire consiste à suivre les pistes de recherches cliniques et contraint donc à identifier précisément les sources d'exposition potentielle.

Nous avons choisi quatre facteurs environnementaux en rapport avec les critères étiologiques de la SLA les plus fréquemment cités.

Le premier investit le domaine de l'industrie manufacturière¹⁴⁹ puisque cette dernière concerne la plupart des sites industriels utilisant des matières premières fréquemment mises en cause (éléments métalliques, chimiques, solvants...). Elle recouvre un large spectre d'activités comme l'industrie chimique, la métallurgie, l'industrie textile, etc. Elle permet ainsi de dresser l'inventaire des industries qui ont utilisé et qui ont donc potentiellement rejeté les principales substances étudiées dans les publications scientifiques¹⁵⁰.

Le second concerne les investigations récentes concernant la neurotoxine L-BMAA produite par des cyanobactéries potentiellement présentes sous nos latitudes (Cox, 2002 et 2003 ;

¹⁴⁹ Au sens défini par la classification Norme d'Activité Française (NAF) de l'Insee.

¹⁵⁰ c.f bibliographie exhaustive in (Kouassi, 2008) : Plomb, Mercure, Aluminium, Sélénium, Cadmium, Manganèse, Cuir et Fer, etc.

Metcalf, 2008 ; Banack, 2007). Nous avons débuté nos prospections selon une logique de qualité de milieux au regard de l'habitat privilégié des cyanobactéries : si elles sont potentiellement présentes dans toutes les eaux de surfaces, les eaux chargées d'éléments nutritifs à l'exutoire des stations d'épurations sont privilégiées. Précisons que cette hypothèse n'exclut pas que les cyanobactéries (ou tout du moins les neurotoxines produites) puissent être présentes dans le réseau d'eau potable, les eaux de récupération, les puits, etc. Ensuite, nous avons testé notre méthode en prospectant parmi les activités industrielles présentes dans la région (autre que manufacturières) et assujetties à des suspicions légitimes au regard de la bibliographie, telles que la gestion des déchets et le stockage de matières polluantes classées. Enfin, les récents travaux sur l'exposition aux champs électromagnétiques [46] ne doivent pas être oubliés. Nous avons étudié la distribution des espaces résidentiels par rapport aux installations du réseau électrique Haute Tension (lignes et transformateurs), pour ensuite mesurer l'incidence en fonction de la distance aux infrastructures.

C. Les sources d'informations géographiques

Pour étudier les interactions spatiales entre les lieux de résidences des cas incidents et les installations citées ci-dessus, nous avons dû utiliser des bases de données (commercialisées ou en accès libre) dont nous présentons ici un rapide aperçu.

1. Les référentiels géographiques de l'IGN

Les référentiels géographiques sont les bases de données intégrées dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG) permettant de disposer pour chaque enregistrement alphanumérique, d'une représentation graphique projetée dans un système de coordonnées terrestres. Ainsi, la cartographie numérique des quartiers, communes, régions (qui dans d'autres pays trouvent une similitude sous l'appellation de district, sous-districts...) constituent le répertoire *Administratif* de ces référentiels géomatiques.

En France, l'Institut Géographique National (IGN) commercialise la cartographie numérique (BDcarto, BDTopo) de ces sectorisations territoriales et l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (Insee) commercialise les données sociodémographiques et économiques correspondant à chaque échelle. Les référentiels géographiques concernant le

réseau Haute Tension sont produits par le même fournisseur de données que les référentiels géoadministratifs (IGN).

2. Basias (BRGM), inventaire des sites potentiellement pollués

Pour l'inventaire des industries du Limousin, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a constitué une base de données très importante dénommée *Basias* déjà utilisée dans le chapitre précédent. Cette base de données (<http://basias.brgm.fr/>) exhaustive des entreprises aux industries, passées ou présentes, est consultable par tous. Des extractions par commune ou par département sont possibles à partir du site internet. Cette source a le mérite d'être très exhaustive (pour le XXème siècle) à défaut de s'avérer systématique juste à l'échelle ponctuelle. Nous tentons ici de lire des tendances et à ce titre, *Basias* constitue un bon indicateur à petite échelle. Le Limousin dénombre 5 336 enregistrements concernant 572 communes. Pour l'analyse présentée dans ce travail, l'extraction des données a été réalisée en novembre 2009.

3. Inventaires des Agences de l'Eau : l'assainissement collectif

Les investigations sur les stations d'épurations nous ont obligé à utiliser deux sources distinctes car fournies par deux institutions différentes : l'Agence de l'Eau Loire Bretagne pour les 2/3 supérieurs de la région, et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne pour la partie sud.

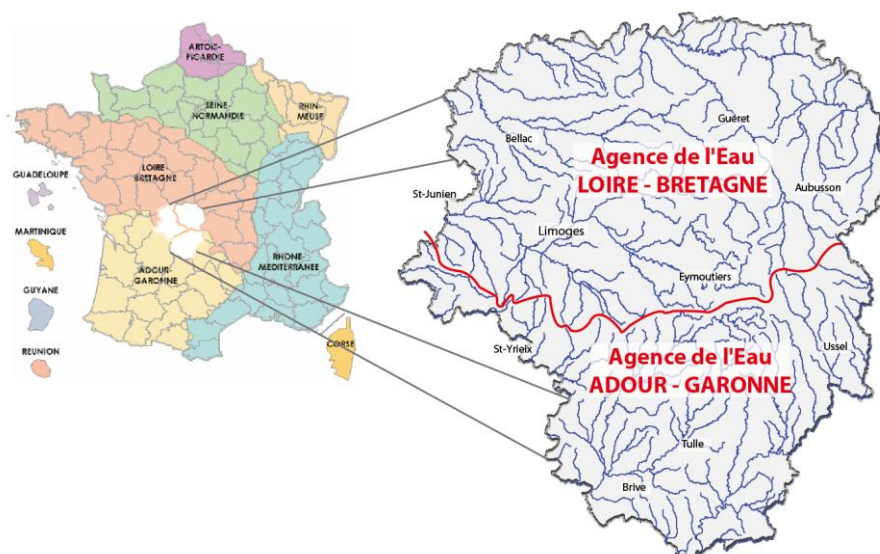


Figure 91 : Deux sources d'informations distinctes sur les équipements liés à la gestion de l'eau en Limousin

Ce découpage correspond aux espaces de compétences de ces institutions (dont la politique et la gestion de l'assainissement domestique comme industriel font partie) dans deux grands bassins versants hydrologiques distincts. La compilation des données a été possible pour les indicateurs quantitatifs (nombre de stations/commune, capacité de traitement en m³/j...). Certaines données n'ont cependant été exploitables que pour la source Loire-Bretagne : les inventaires spécifiques aux réseaux d'assainissement sont plus avancés et déjà finalisés (exemple : le type de traitement des stations d'épuration était renseigné à 100% pour le bassin Loire Bretagne, alors qu'il ne l'était qu'à 12% pour le bassin Adour Garonne). Ces données ont également été récupérées en novembre 2009 auprès des deux institutions compétentes.

II. Méthodologie pour l'incidence infrarégionale et les prospections environnementales

Comme dans le chapitre précédent, la méthode est organisée en 3 temps : la transformation des données individuelles en données collectives visant le calcul du Ratio Standardisé d'Incidence (SIR), l'analyse spatiale de la distribution des cas incidents (pour laquelle nous avons ajouté une nouvelle représentation spatiale) et pour terminer, la mesure avec les facteurs environnementaux étudiés est réalisée dans un modèle simple d'analyse comparée de SIR en fonction d'une réponse binaire : *exposé / non exposé*.

A. La modélisation géographique

Ce que nous appelons ici *modélisation géographique* concerne les bases théoriques dont la compréhension est indispensable à l'interprétation des résultats : le SIR est toujours l'unique indicateur de mesure d'incidence, et les deux modèles géographiques présentés expliquent les modalités de calcul de sur-incidence. Afin de raisonner à différentes échelles spatiales, le modèle utilisé jusqu'alors est appelé modèle GEO_US (agrégation scalaire des Unités Spatiales) et nous effectuons nos premiers pas avec le modèle GEO_CAS (géolocalisation métrique des patients et lissage spatial de la population) raisonné spécifiquement pour l'étude de cas sur la SLA.

1. Le SIR, calcul et interprétation de l'indicateur principal

Le calcul et l'interprétation du SIR a été expliqué en détails dans le chapitre précédent. Nous ne faisons ici qu'un rappel succinct pour éviter au lecteur un va-et vient incessant¹⁵¹.

Le SIR repose sur la comparaison du nombre total de cas observés dans la population étudiée, au nombre de cas attendus si cette population était soumise à une force d'incidence donnée. Le SIR permet ainsi une lecture des « sur » ou « sous » incidences par rapport à une population de référence.

Comme pour la plupart des indicateurs statistiques, la valeur obtenue est significative en fonction de son intervalle de confiance. Ainsi, nous pouvons considérer qu'une commune est significative lorsque l'intervalle de confiance du SIR est strictement supérieure à 1 (donc à un nombre de cas observés significativement supérieur au nombre de cas attendus selon une distribution de Poisson).

2. Le modèle GEO_US

Toutes les analyses menées jusqu'alors peuvent être regroupées sous le terme générique de modèle GEO_US. La spécificité de ces analyses est le recours à une unité spatiale commune aux indicateurs d'incidences et aux facteurs étudiés afin de pouvoir agréger les données et les comparer. Ce modèle permet donc de raisonner selon les différents découpages administratifs (correspondant aux unités de diffusion du recensement de la population). Par exemple, la commune est une unité administrative permettant de regrouper toutes les variables nécessaires à la mesure de l'incidence : population par classe d'âge à partir des recensements généraux de la population permettant le calcul du nombre de cas attendus, nombre de cas observés. Elle permet aussi de dénombrer des infrastructures, de mesurer les interactions spatiales avec le passage d'une rivière, d'une autoroute, etc. Et donc au final, la commune sert de support commun à la mesure d'incidence et aux relations avec les différents facteurs environnementaux. Cette logique est applicable à chaque type d'unités administratives (quartiers/ district / commune / canton/ département/ région...).

¹⁵¹ Toutefois si le rappel ne semble pas suffisant, le lecteur peut alors se référer au chapitre IV.I.B. *La démarche procédurale des études d'incidence*

Les analyses consistent ensuite à étudier la variabilité de l'incidence au sein de chaque unité spatiale soit au regard d'une exposition (par exemple la présence d'une industrie chimique), soit en s'agréant selon des logiques de territoires de vie (accès aux équipements, migrations pendulaires domicile-travail, etc.).

3. Le Modèle GEO_CAS

Le modèle GEO_CAS correspond aux plus petites unités géographiques ne pouvant être agrégées. Les lieux de résidence des patients sont géolocalisés à l'échelle métrique (coordonnées géographiques, adresse postale...). La population exposée est quand à elle lissée sur les espaces résidentiels (figure 92).

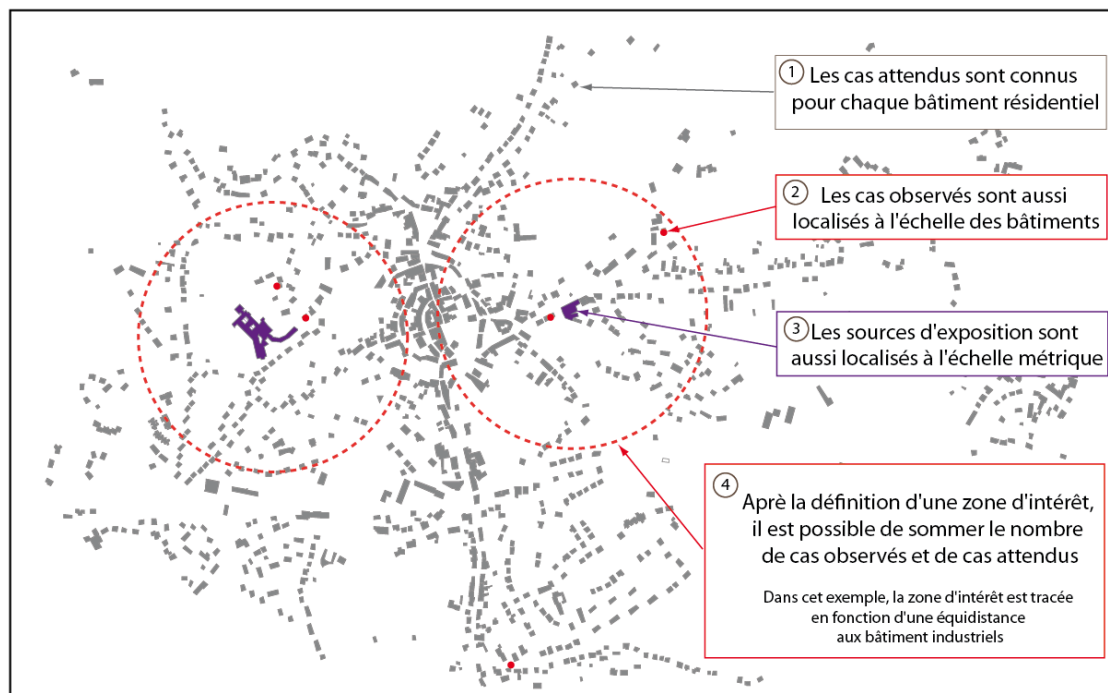


Figure 92 : Principes théoriques du modèle GEO_CAS

Nous avons utilisé la couche cartographique *Bâtiments* du référentiel géographique à grande échelle de l'IGN (BD Topo). Après avoir isolé les bâtiments résidentiels, nous avons distingué les communes de plus de 5000 habitants. Pour celles-ci, nous avons subdivisé les cas attendus à l'échelle du quartier en fonction du volume de chaque bâtiment qu'il contient. Pour les autres, nous avons subdivisé le nombre de cas attendus à l'échelle de la commune en fonction du nombre de bâtiments qu'elle contient.

Ce postulat méthodologique est spécifique au Limousin dont la morphologie de l'habitat en milieu rural associe l'unité d'habitation à la grange. La surface des bâtiments n'était pas représentative de la distribution de la population, à l'inverse de ce que nous observions en milieu urbain. Cette méthode permet ainsi de s'émanciper des découpages administratifs et d'étudier les expositions environnementales comme le montre la figure 92. Ce principe peut également être appliqué pour mesurer l'incidence selon d'autres sectorisations spatiales (par bassin versant par exemple).

Du GEO_CAS (à l'échelle métrique) au GEO_US (du quartier à la plus grande unité administrative), ces deux modèles permettent de géolocaliser (c'est-à-dire projeter dans un espace numérique représentant l'espace terrestre) les cas observés et les cas attendus à différentes échelles spatiales. Le SIR, indicateur de l'incidence, peut par conséquent être calculé pour chacune de ces échelles, comme il peut être calculé spécifiquement en fonction d'une source d'exposition.

B. Cartographie de l'incidence

Il existe de nombreuses méthodes géostatistiques pour la détection d'agrégats spatiaux adaptables aux deux modèles précédemment exposés. Nous ne présentons dans ce travail que les exemples applicables au modèle GEO_US.

Notre démarche consiste, dans sa première étape, à établir une carte des SIR lissés afin d'optimiser la lecture de la distribution des cas incidents à l'échelle régionale. Nous avons ensuite expérimenté la statistique de Kulldorf (Kulldorff, 1995), l'autocorrélation spatiale globale et locale (I de Moran), et enfin, la méthode de l'Epicentre géographique également présentée dans la partie précédente. La plupart des techniques ayant déjà été présentées dans le chapitre précédent¹⁵², nous n'en faisons ici qu'un bref rappel.

¹⁵² Cf. chapitre IV. I Méthodologie pour l'étude de la distribution géographique des principaux cancers incidents en Limousin.

1. SIR brut et SIR lissé

De nombreuses méthodes de lissages ont été proposées (Estève, 1993). Nous utilisons les méthodes de lissages *bayésiens* qui bénéficient de nombreux développements tant sur le plan théorique (Molier, 1990) que sur leurs mises en œuvres (Spiegelhalter, *User Manual Winbugs*). Le modèle SOMME opère un lissage global et local : il tient compte de la valeur du SIR, de la précision avec laquelle il est calculé, des valeurs des unités spatiales voisines ainsi que du risque moyen de la région.

2. L'autocorrélation spatiale (*I* de Moran global et local)

Dans le chapitre précédent, nous avons expliqué le principe de calcul du *I* de Moran global : nous pouvons supposer que des unités spatiales proches les unes des autres sur le plan géographique ont des taux d'incidence proches du point de vue numérique. L'autocorrélation spatiale mesure ce phénomène et confirme (ou infirme) cette hypothèse. Nous considérons que deux unités spatiales sont proches géographiquement si elles ont une limite commune. L'interprétation des résultats est aisée puisque le *I* de Moran s'interprète comme un coefficient de corrélation classique. Il tend vers -1 (autocorrélation spatiale négative : les voisins ont des valeurs opposées) ou vers +1 (autocorrélation spatiale positive : les voisins ont des valeurs semblables). Cet indice est calculé pour chaque unité spatiale pour être restitué pour chacun (*I* local) ou pour la région (*I* global).

Pour cette investigation épidémiologique, nous avons ajouté le *I* de Moran Local à notre méthode : il s'agit du même principe de calcul sans pour autant le rapporter à la valeur globale : ainsi, le *I* de Moran est calculé pour chaque unité spatiale en fonction des valeurs des unités voisines. L'indice étant propre à chaque unité spatiale, il est alors possible d'étudier la variabilité de cet indice et surtout de détecter des structures agrégatives en les identifiant, ce qui n'est pas possible avec l'indice global.

3. L'épicentre géographique

La méthode de l'épicentre géographique a également été décrite et utilisée dans le chapitre précédent. Pour mémoire, elle s'inspire d'un lissage des SIR voisins dans une logique de lecture emboîtée d'unités spatiales socialement cohérentes. Cette méthode est conduite à

partir des SIR bruts significatifs (dont l'IC95%poisson est >1) à différentes échelles. La synthèse cartographique est alors réalisée de sorte à laisser une trace de toutes les unités spatiales significatives.

Cette logique géographique consiste à comprendre comment des unités spatiales au dénominateur de cas attendus croissants s'emboîtent. Le lissage s'opère ainsi dans un changement d'échelle à partir de plusieurs unités spatiales emboîtées : pour ce travail, nous utiliserons trois unités spatiales : le bassin de vie, le canton et l'Iris¹⁵³ (les bassins de vie sont constitués de plusieurs cantons, eux même constitués de plusieurs Iris). Le Limousin dénombre 842 iris, agrégés en 96 cantons sur un territoire régional qui compte 49 bassins de vie.

C. Relations avec l'environnement

Mettre l'incidence d'une pathologie au regard de facteurs environnementaux est une opération complexe comme l'a montré la précédente étude sur les cancers. Cette dernière a d'ailleurs été finalisée par un modèle multivarié afin de prendre en compte l'interaction avec les autres facteurs environnementaux présents dans l'environnement, ainsi que certaines variables sociodémographiques. Cette logique visait à étudier la relation à un seul facteur (Exposition aux Anciens Sites d'Exploitation d'Uranium), tout en considérant l'influence d'autres variables dont on sait (ou l'on suppose) qu'elles ont une part non négligeable dans la distribution géographique des cas observés.

Les sources d'informations géographiques (présentées dans la partie précédente) ont permis l'analyse de nombreuses variables dans le modèle GEO_US. Le modèle GEO_CAS (plus récent) a été utilisé pour le screening en fonction de l'exposition aux champs électromagnétiques de l'infrastructure régionale « Haute Tension » (lignes et transformateurs)¹⁵⁴.

¹⁵³ Les définitions de ces découpages territoriaux sont consultables dans le chapitre précédent.

¹⁵⁴ Dans le cadre de ce doctorat, mais nous l'avons expérimenté dans d'autres études non présentées ici.

1. Dans le cas du modèle GEO_US

La PUG (Petite Unité Géographique) pour la mesure des relations avec les sources d'expositions potentielles est la commune. L'ensemble des sources d'informations concernant les infrastructures étudiées (ou équipements) dispose à minima d'un code¹⁵⁵ permettant un géocodage¹⁵⁶ à l'échelle communale.

La mesure consiste à calculer le SIR (et tester sa significativité) sur l'ensemble des communes concernées par la présence d'une activité donnée (industrie, équipement, infrastructure, etc.). Il ne semblait pas opportun de rapporter le SIR au nombre d'industries installées dans la commune, car une seule industrie peut présenter un bilan d'activité supérieur à ceux de 5 plus petites réunies. L'information sur les bilans d'activités était lacunaire et hétérogène, et n'a donc pas permis de travailler en fonction de l'ampleur de l'activité. D'autre part, nous avons remarqué qu'une même entreprise, qui a changé de nom ou de raison sociale, est enregistrée deux fois, à la même adresse postale. L'aspect quantitatif a donc été écarté au profit d'une logique de présence / absence d'industries, de stations d'épuration, de décharges, etc.

Cinquante types d'activité anthropique pouvant constituer une exposition collective sont présentés dans ce chapitre. Cependant, nous insistons sur la simplicité de la méthode destinée à pouvoir tester un grand nombre de variables. Le résultat consiste donc à attirer l'attention sur la présence statistiquement significative de cas de SLA spécifiquement dans les communes où a (eu) lieu une activité industrielle donnée, et où sont situées les infrastructures au service des populations (transport de l'énergie, gestion des déchets, assainissement, etc.)

2. Pour le modèle GEO_CAS

Le modèle GEO_CAS a été conçu dans l'objectif de poursuivre les investigations à grande échelle. Les couches cartographiques sont donc réalisées selon le géocodage le plus fin (coordonnées x,y) : les infrastructures étudiées et les lieux de résidence des cas observés ont été géolocalisés à l'échelle métrique dans un système de coordonnées Lambert II Carto.

¹⁵⁵ Dans le meilleur des cas le code INSEE, à défaut le code postal qui nécessite donc un traitement permettant une correspondance avec le code INSEE

¹⁵⁶ Opération géomatique permettant de relier une base alphanumérique à une couche cartographique par une relation à partir d'une clé primaire (ici le code INSEE de la commune)

La relation avec les facteurs environnementaux s'établit en définissant différentes zones d'intérêt pour le calcul du SIR : moins de 500m des transformateurs Haute Tension, moins d'1 km d'une industrie chimique, etc. (figure 92).

III. Résultats de l'incidence infra régionale

Les résultats de l'incidence infra régionale sont présentés en trois temps : tout d'abord une première approche permet d'apprécier la distribution des cas incidents à l'échelle régionale ; ensuite le commentaire des analyses d'autocorrélation spatiale (globale et locale) et des épicentres géographiques permet de mettre en évidence les agrégats de communes témoignant d'une sur-incidence ; enfin, nous dressons la liste des agrégats spatiaux que nous estimons statistiquement sur-incidents en Limousin.

A. Une carte éclairée par le lissage des SIR

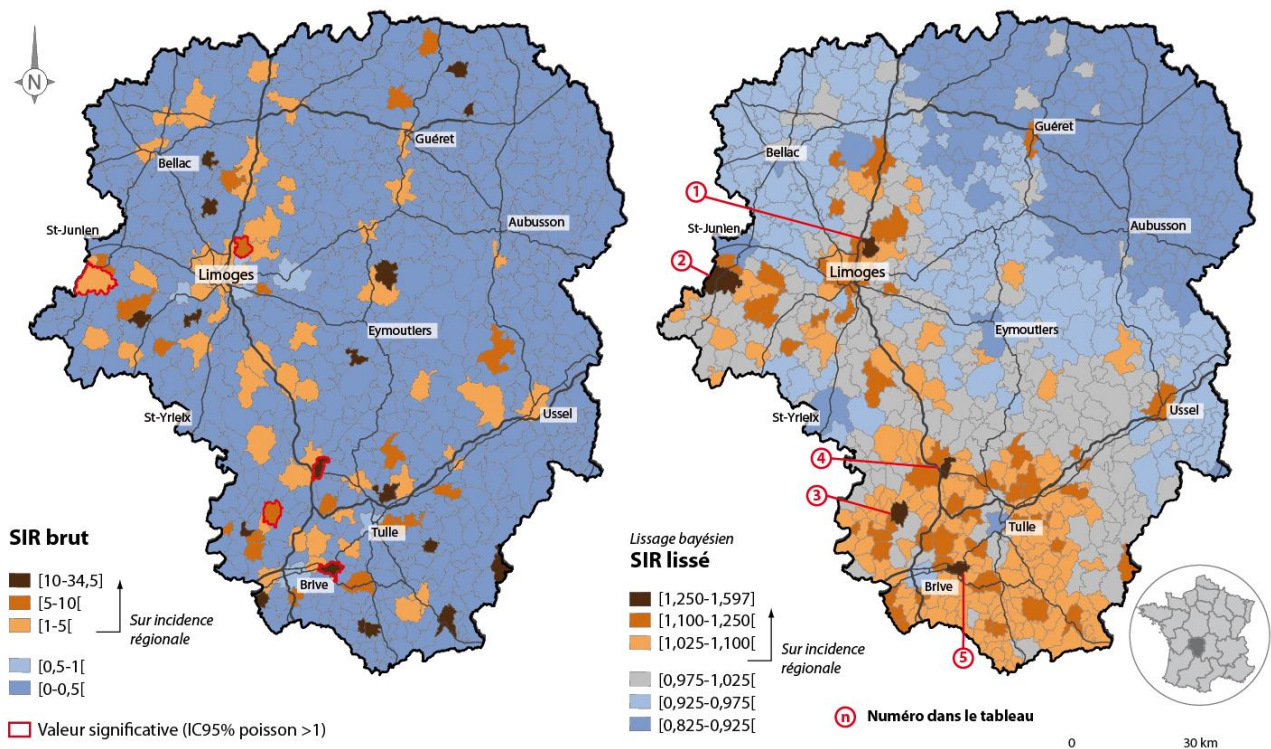
La cartographie des SIR lissés permet d'identifier les grandes zones de sur incidence. Après une première lecture des documents cartographiques obtenus, la significativité des valeurs permet d'identifier les 5 communes significativement plus élevées que l'incidence régionale.

1. A l'échelle régionale

La figure 93 présente les SIR bruts (à gauche) et les SIR lissés (à droite). Compte-tenu du faible effectif de cas observés, les communes ne présentant aucun cas dominant (87%). Les communes présentant des cas sont essentiellement situées dans la partie occidentale de la région. Une grande partie d'entre elles sont regroupées en unités contiguës inégales (de 2 à 7 communes). Les communes isolées représentent environ 50 % du nombre de communes mais moins de 12 % de la population concernée : le nombre de cas attendus est fréquemment inférieur à 1 ce qui contribue à des SIR localement élevés dès qu'1 ou 2 cas sont observés.

Sur la carte des SIR lissés, un gradient croissant d'incidence de la SLA est observable du nord est au sud ouest de la région. L'interprétation doit être prudente car la part des fuites d'enregistrements ou l'absence de diagnostic ne peut être véritablement appréciée : la

démographie médicale du département de la Creuse, situé au nord est de la région, a toujours été problématique et le(s) neurologue(s) sont particulièrement concernés¹⁵⁷.



Source : Centre de Référence SLA Limousin

Cas recensés entre janvier 1997 et juillet 2007 ; Critères d'El Escorial (probable ou certain) : 177 cas ; Part des femmes : 52,5% ; Age moyen au diagnostic : 67,2 ans

Figure 93 : SIR bruts et SIR Lissés de SLA en Limousin (1997-2007)

A l'échelle locale, les cas incidents se situent préférentiellement dans les périphéries des villes principales (Limoges, Brive, Tulle, Saint-Junien) sans pour autant concerner la commune centre (à part pour Limoges). Ces périphéries urbaines vont au-delà des périphéries où se sont installées les zones d'activités. Mêmes des communes à dominante rurale sont concernées par des SIR élevés, notamment dans la partie sud de la région (rayon de 30 km autour de Brive et Tulle). Cependant, les effets du lissage ne doivent pas nous éloigner de données objectives et vérifiables. La classe maximum des SIR lissés correspond aux communes dont le SIR brut est significativement supérieur à 1 (IC95% >1).

¹⁵⁷ Propos non vérifiés mais partagés dans des discussions d'un séminaire sur la SLA en avril 2004 à l'université de Limoges (échange avec Ph Couratier, M. Druet Cabanac)

2. A l'échelle communale

Cinq unités spatiales présentent une incidence significativement plus élevée que l'incidence régionale (entourées de rouge sur la carte des SIR bruts et numérotées sur la carte des SIR lissés). Ces 5 unités (sur les 747 de la région) concernent 15 cas incidents sur les 177 enregistrés. Elles présentent les SIR lissés les plus élevés de l'espace régional (tableau 9).

UNITES SPATIALES SIGNIFICATIVES				SIR Brut			SIR Lissé		
N°	COMMUNE	O _i	E _i	SIR	IC95min	IC95max	SIR	IC95min	IC95max
1	RILHAC-RANCON	5	0,73	6,82	2,20	15,92	1,60	0,80	3,77
2	ROCHECHOUART	4	1,08	3,72	1,00	9,52	1,39	0,70	3,07
3	VOUTEZAC	3	0,32	9,42	1,89	27,53	1,43	0,69	3,46
4	ESPARTIGNAC	2	0,11	18,98	2,13	68,52	1,30	0,64	2,93
5	DAMPNIAT	2	0,13	15,12	1,70	54,58	1,32	0,63	2,94

O_i : cas observés – E_i : cas attendus – SIR : ratio standardisé d'incidence – IC95 : intervalle de confiance de 95% Poisson.

Tableau 18 : les 5 communes significativement sur incidentes en Limousin (SLA, 1997-2007)

Ce tableau montre bien l'intérêt du lissage des SIR : les valeurs extrêmes significatives sont d'abord le fait d'un nombre de cas attendus très faible (du fait du nombre d'habitants dans les communes : 385 habitants à Espartignac, 580 à Dampniat, 1026 à Voutezac...). Les SIR lissés offrent une plus grande cohérence des SIR au regard des effectifs du nombre de cas observés et attendus.

Les deux communes qui présentent le nombre de cas les plus élevés sont situés en Haute Vienne. La première, Rilhac-Rancon, est située en périphérie immédiate de Limoges : la survenue de 5 cas dans une commune qui dénombrait 3652 habitants (en 1999) la situe au premier rang régional du point de vue de l'incidence de la SLA. La commune de Rochechouart (3667 habitants en 1999) est située au sud de Saint-Junien sur la bordure ouest de la région : 4 cas ont été enregistrés sur la période d'étude.

En Corrèze, pour les communes d'Espartignac et de Dampniat, les SIR bruts sont supérieurs à 15. Deux cas observés suffisent à présenter des SIR bruts significatifs qui, lorsqu'ils sont lissés sont largement relativisés par leur intervalle de confiance (IC min < 0,7). Le nombre de cas attendus dans la commune de Voutezac est faible (0,32) ce qui ne la diffère guère de l'incidence des deux premières, à l'exception d'un SIR lissé nettement plus élevé, peut être en raison de l'influence des unités voisines lors du lissage bayésien.

La carte des SIR bruts de la figure 93 montre qu'aucune des 5 communes citées n'est isolée au regard de l'occurrence spatiale des cas. Pour celles présentant au moins 3 cas, le nombre de communes contiguës est de 4 pour Rochechouart, 5 pour Voutezac et 11 pour Rilhac-Rancon. Ces continuités spatiales motivent l'étude des structures agrégatives qui semblent d'ores et déjà se structurer autour des 3 communes au SIR lissés les plus élevés.

B. Détection des structures agrégatives

Le processus d'agrégation que nous venons de supposer (unités spatiales contiguës) permet d'approfondir l'étude des SIR à la recherche d'une meilleure significativité des valeurs par la prise en compte d'une population exposée plus importante. Cet aspect est traité par l'analyse d'autocorrélation spatiale (*I de Moran*) et la méthode dite de *l'épicentre géographique*.

1. Comportement des indicateurs d'incidence agrégative

Le *I* de Moran global est de 0,006 ($p = 0,005$). Une autocorrélation positive (bien que modeste) caractérise donc la distribution des cas incidents, et l'hypothèse de structures spatiales agrégatives d'ordre 1 (communes limitrophes) est donc pertinente.

La carte du *I* de Moran local (figure 94) est accompagnée par une carte de son indice de significativité : celle-ci témoigne d'au moins 4 zones agrégatives :

- au nord est, il s'agit d'une structure vaste concernant plus de 40 communes, mais dont les valeurs d'autocorrélation ne sont pas très élevées, et le centre proche de 0.
- au sud, la structure spatiale morcelée présente les valeurs d'autocorrélation spatiales les plus élevées de la région (3 communes limitrophes à Voutezac sont concernées)
- au centre, Rilhac-Rancon est la commune présentant la valeur la plus élevée (bien que modeste) de la structure de 7 communes dont Limoges.
- à l'ouest enfin, les deux communes limitrophes au nord de Rochechouart présentent une autocorrélation positive. Notons que la structure spatiale n'intègre pas la commune de Saint-Junien (2^{ème} rang démographique de la Haute Vienne : 10 657 habitants).

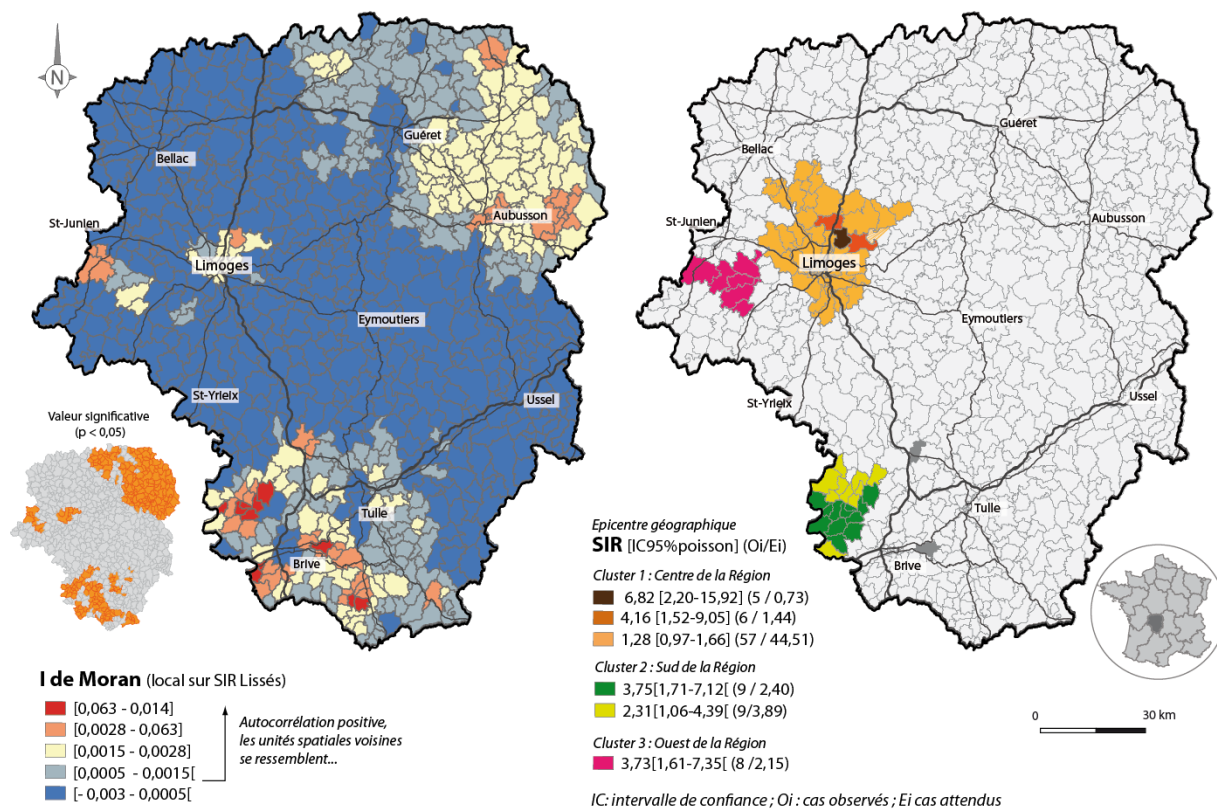


Figure 94 : Autocorrélation spatiale et Epicentres géographiques de SLA

2. Premières structures agrégatives détectées

La méthode de l'Epicentre géographique infirme l'agrégat du nord est (figure 94) : il s'agit d'une structure spatiale triangulaire dont le maximum est de 1 cas observé à chaque sommet, et les faibles densités de population des espaces intermédiaires se situent dans une valeur entre 0 et 1 (pour des valeurs de cas observés égales à 0).

Concernant l'agrégat situé au sud, seule la partie occidentale est détectée (au nord est de Brive, entre 12 et 22 communes) ; dans son extension maximale, le SIR est de 2,31 [1,06-4,39] (9 cas observés pour 3,89 attendus). Pour l'agrégat du centre (environs de Limoges), la troisième couronne n'est plus significative (borne inférieure de l'IC95% <1), ce qui le réduit à un agrégat de 3 communes dont le SIR est de 4,16 [1,52- 9,05] (la commune la plus à l'ouest ne présente aucun cas). Enfin, l'agrégat présent à l'ouest de la région (autour de Rochechouart) concerne 7 communes et présente un SIR de 3,73 [1,52-9,05] (8 cas observés pour 2,15 attendus).

C. Trois agrégats de SLA en Limousin

Les deux approches sur les structures agrégatives ont déjà permis d'identifier 3 agrégats pour la région Limousin. Le résultat final s'opère par des rectifications de la carte des Epicentres géographiques en fonction des structures agrégatives observées sur la carte du *I* de Moran local.

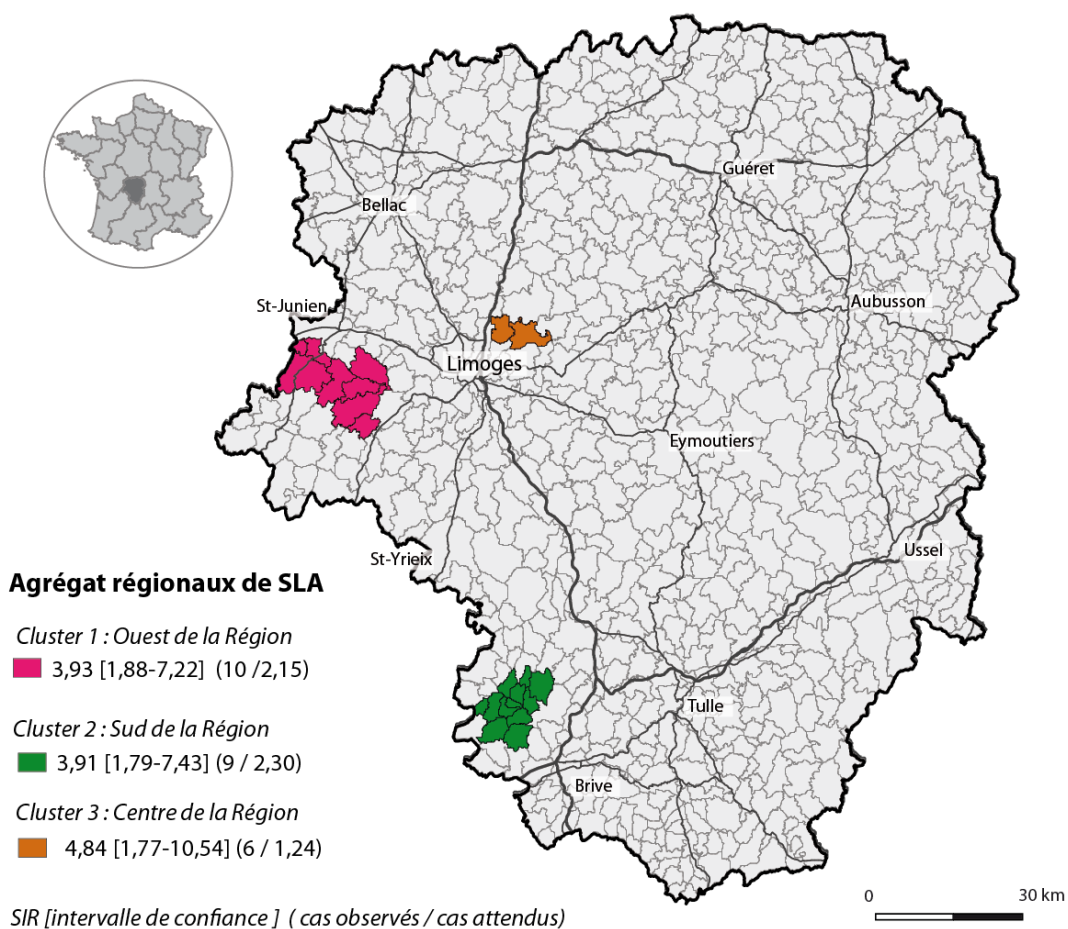
1. Corrections pour la définition des trois agrégats référentiels de la région Limousin

Des corrections ont ainsi été réalisées dans chaque agrégat :

- dans l'agrégat « OUEST », soustraction d'une commune qui témoignait d'autocorrélation négative et d'aucun cas de SLA, et agrégation de deux communes périphériques présentant des cas avec une autocorrélation positive.
- pour l'agrégat « SUD », recours à la structure agrégative du *I* de Moran Local pour délimiter l'extension maximale en ne conservant que les valeurs d'autocorrélation positives.
- Enfin, pour l'agrégat du « CENTRE », élimination de la troisième couronne devenue non significative lors du traitement de la méthode de l'Epicentre géographique (document 94) et soustraction de la commune périphérique ne présentant aucun cas et une autocorrélation négative.

Les 3 agrégats retenus concernent ainsi 25 cas incidents sur les 177 du quorum (14%) et 22 communes sur les 97 concernées par des cas incidents de SLA (dans une région de 747 communes). La figure 95 présente la carte définitive des agrégats dits « référentiels ¹⁵⁸ » et le tableau qui précise les SIR dans leur version initiale et leur version corrigée.

¹⁵⁸ Il s'agit d'une notion de référence interne au groupe de travail sur la SLA à l'échelle régionale pour désigner les agrégats les plus élevés dans la région. Dans la conclusion de cette seconde partie, nous verrons que la définition d'agrégat engage de nombreux débats notamment l'idée d'un continuum dans des structures agrégatives (des plus faibles aux plus fortes surincidences)



Cluster	Extension spatiale initiale (cartographie de l'Épicentre géographique...)						Extension spatiale corrigée (...redressée par le I de Moran Local)					
	N	Oi	Ei	SIR	IC95min	IC95max	N	Oi	Ei	SIR	IC95min	IC95max
OUEST	7	8	2,15	3,73	1,61	7,35	8	10	2,55	3,93	1,88	7,22
SUD	22	9	3,89	2,31	1,06	4,39	12	9	2,30	3,91	1,79	7,43
CENTRE	3	6	1,44	4,16	1,52	9,05	2	6	1,24	4,84	1,77	10,54

N : Nombre de communes concernées - Oi : cas observés - Ei : cas attendus - SIR : ratio standardisé d'incidence - IC95 : intervalle de confiance de 95% selon la loi de Poisson.

Figure 95 : les 3 agrégats spatiaux de SLA en Limousin (1997-2007)

2. Descriptions des agrégats référentiels

Les deux premiers agrégats sont situés dans des espaces de faible densité de population (milieu agricole dominant). L'agrégat OUEST (au sud de St-Junien) est composé de 8 communes (9 657 habitants) et présente un SIR de 3,93 [1,88-7,22] : 10 cas ont été observés pour 2,5 attendus. L'agrégat du SUD est composé de 12 communes (8 950 habitants) et présente un SIR de 3,91 [1,79-7,43] : 9 cas observés pour 2,3 attendus. Il reste significatif sur une extension de 22 communes malgré le fait qu'aucun cas de SLA supplémentaire ne soit

enregistré (cf. tableau de la figure 95 : extension spatiale initiale). Le dernier agrégat, dénommé CENTRE, concerne 2 communes de la périphérie nord est de l'agglomération de Limoges (6259 habitants). La première présente à elle seule 5 cas pour 0,73 attendus, soit un SIR significatif de 6,82 [2,19-15,92]. Agrégée, les deux communes présentent un SIR de 4,84 [1,77-10,54]: 6 cas observés pour 1,24 attendus.

Une des modifications opérées lors de cette synthèse apporte une évolution non négligeable pour la suite des analyses : l'exclusion de la commune de Limoges des agrégats régionaux. Celle-ci dénombre à elle seule 36 cas pour 27,2 attendus (soit un SIR de 1,32 [0,92 – 1,83]) et joue donc un rôle considérable dans les mesures d'incidence au regard des facteurs environnementaux. Bien que surincidente et hébergeant de nombreuses infrastructures (industrielles, aménagements...), elle ne comptera que pour les résultats globaux (à l'échelle régionale), aux dépens des résultats locaux (dans les agrégats spatiaux) lors de leur comparaison.

IV. Premiers résultats sur les investigations environnementales

La présentation de ces premières investigations environnementales en Limousin (au regard de la SLA) suit une logique simple : les tableaux des résultats régionaux précèdent un tableau récapitulatif pour les 3 agrégats mis en évidence dans la partie précédente. L'objectif est d'identifier une relation significative sur l'ensemble de la région et de constater, le cas échéant, si le facteur environnemental étudié est présent (voire sur-représenté) dans les agrégats régionaux.

Nous avons choisi de présenter les thèmes les plus proches de l'actualité scientifique des critères étiologiques de la SLA : les éléments métalliques, chimiques et les solvants par l'intermédiaire de l'exemple de l'industrie manufacturière, les cyanobactéries par l'exemple de la distribution géographique des stations d'épuration, et les rayonnements par l'exemple de l'infrastructure Haute Tension. Nous présentons aussi quelques prospections sur des activités industrielles existantes en Limousin qui ont attiré notre attention. Si notre démarche inductive a guidé nos premiers pas, un traitement exhaustif des bases de données

géographiques conduit rapidement à des résultats déductifs, mais toujours en cohérence avec les investigations environnementales en cours dans la bibliographie spécialisée.

A. Investigations environnementales à l'échelle régionale

Les résultats présentés concernent respectivement : l'industrie manufacturière, les stations d'épurations, le réseau électrifié Haute Tension et divers résultats observés dans la région, notamment sur les industries stockant ou devant gérer le recyclage de matières polluantes.

1. Sur les traces de l'industrie manufacturière

L'industrie manufacturière est très présente sur le territoire Limousin : 571 communes (sur 747) hébergent (ou ont hébergé) au moins une industrie manufacturière. Seules 4 communes (sur 97) présentent 1 cas incident sans la présence d'industries répertoriées dans le tableau 19.

INDUSTRIES MANUFACTURIERES					Sur les communes concernées (N)				
Code	Désignation (abrégée)	Nbre	N	N	Oi	Ei	SIR	IC95	IC95
NAF		établiss.		sla				min	max
c10	Industries alimentaires	216	100	30	52	43,66	1,19	0,89	1,56
c13	Fabrication de textiles	75	35	16	76	68,39	1,11	0,88	1,39
c15	Industrie du cuir et de la chaussure	153	36	18	79	71,08	1,11	0,88	1,39
c16	Travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège	98	65	15	69	66,51	1,04	0,81	1,31
c17	Industrie du papier et du carton	72	29	18	75	58,68	1,28	1,01	1,60
c18	Imprimerie et reproduction d'enregistrements	109	16	10	67	56,62	1,18	0,92	1,50
c20	Industrie chimique	469	100	35	102	88,61	1,15	0,94	1,40
c23	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	254	44	16	73	69,81	1,05	0,82	1,31
c24	Métallurgie	69	27	11	66	58,97	1,12	0,87	1,42
c25	Fabrication de produits métalliques	371	137	31	97	100,16	0,97	0,79	1,18
c27	Fabrication d'équipements électriques	43	18	9	64	56,98	1,12	0,86	1,43
c28	Fabrication de constructions mécaniques	105	35	7	60	56,045	1,07	0,82	1,38
	C17+C18	181	38	22	86	69,98	1,23	0,98	1,52
	C17+C18+C20	368	119	42	111	95,57	1,16	0,96	1,40
	TOUS	2034	571	93	173	167,12	1,04	0,89	1,20

NAF : Nomenclature d'Activités Françaises - N : Nombre de communes concernées – Oi : cas observés – Ei : cas attendus – SIR : ratio standardisé d'incidence – IC95 : intervalle de confiance de 95% selon la loi de Poisson.

Source : Basias (BRGM), extraction novembre 2009

Tableau 19 : Incidence de SLA et Industrie Manufacturière en Limousin (1997-2007)

Ces industries sont toutes assujetties à utiliser des substances déjà étudiées sous couvert étiologique vis-à-vis de la SLA. La plupart des SIR sont supérieurs à 1 mais trois types d'industries se distinguent des autres par un IC95% de Poisson $> 0,9$ (donc à la limite de la significativité).

- L'industrie chimique présente sur 13% des communes limousines concerne 36% des communes ayant des cas incidents.
- Les imprimeries industrielles (spécialisée dans la reprographie non numérique) présentes sur 16 communes, et concernent 10 communes présentant des cas.
- L'industrie du papier et du carton (regroupant tous les établissements fabriquant de la pâte à papier, papiers et cartons) est présente sur seulement 4% des communes limousines mais concerne 18,5% des communes présentant des cas incidents de SLA.

Les deux premiers types d'industries sont particulièrement concernés par les matières premières citées le plus fréquemment dans les travaux sur la SLA. Le troisième type d'industries nous rapproche des investigations actuellement conduites sur le thème des cyanobactéries (existence de sites présentant des conditions favorables liées aux techniques utilisées : cellulose, eau mécaniquement réchauffée, etc.).

2. Sur la piste des cyanobactéries : les stations d'épurations

Les stations d'épurations sont aussi des objets géographiques pertinents pour se mettre sur la piste des cyanobactéries au sein d'un territoire donné. Elles sont les points de convergence de la plus grande partie des rejets domestiques et industriels.

Leurs boues, épandues un temps dans les champs cultivables, puis stockées, sont aujourd'hui expérimentalement utilisées dans des usines de production de méthane. Avec la prise de conscience des effets possibles des épandages, le devenir de ces déchets est devenu problématique, et les expérimentations contemporaines n'ont pas encore apporté de réponse satisfaisante. Ce matériau concentrant de nombreuses substances toxiques a toutefois vu considérablement réduire son volume grâce à l'amélioration des techniques de traitement depuis les années 2000, mais l'héritage des épandages entre les années 1980 et 2000 dans un rayon proche des stations d'épuration ne doit pas être sous-estimé.

Sur le plan du fonctionnement actuel et historique, aucune station d'épuration ne peut réellement prétendre à une efficacité de traitement de 100 % et les exutoires ont toujours un rejet « mesurable ». De nouvelles techniques (lagunage, filtre biologique ou planté, etc.) sont apparues récemment pour des réseaux d'assainissement modestes (entre 100 et 800 habitants raccordés), afin d'éviter les systèmes individuels (souvent mal gérés par les particuliers comme par les entreprises), ou pire encore les rejets directs dans le milieu sans traitement.

Le tableau 20 présente les résultats obtenus dans la région Limousin, puis pour chacune des sources utilisées : l'Agence de l'Eau Loire Bretagne pour les 439 communes de la partie septentrionale de la région, et l'Agence de l'Eau Adour Garonne couvrant les 308 communes restantes (partie sud de la région).

PRESENCE DE STATIONS D'EPURATION	Critère de capacité	N	Oi	Ei	SIR	IC95	IC95
Zone géographique	(en EqHab)					min	max
Région totale (747 communes)	0 ou <250	438	50	50,98	0,98	0,73	1,29
	>=500	146	108	98,44	1,10	0,90	1,32
	>=1000	94	97	86,04	1,13	0,91	1,38
	>=1500	67	89	76,24	1,17	0,94	1,44
	Toutes	309	127	120,98	1,05	0,88	1,25
Bassin Loire Bretagne (439 communes) <i>Partie nord de la région</i>	0 ou <250	210	86	104,45	0,82	0,66	1,02
	>=500	100	91	72,550	1,25	1,01	1,54
	>=1000	61	72	63,609	1,13	0,89	1,43
	>=1500	42	68	56,623	1,20	0,93	1,52
	Toutes	229	91	90,025	1,01	0,81	1,24
Bassin Adour Garonne (308 communes) <i>Partie sud de la région</i>	0 ou <250	228	148	150,6	0,98	0,83	1,15
	>=500	46	29	25,897	1,12	0,75	1,61
	>=1000	33	25	22,438	1,11	0,72	1,64
	>=1500	25	21	19,622	1,07	0,66	1,64
	Toutes	80	29	26,4	1,10	0,74	1,58

EqHab : Equivalent Habitants (nombre de personnes théoriquement raccordées au réseau d'assainissement) - N : Nombre de communes concernées - Oi : cas observés - Ei : cas attendus - SIR : ratio standardisé d'incidence - IC95 : intervalle de confiance de 95% selon la loi de Poisson. Seules les stations supérieures à 250 EqHab sont prises en compte.

Source : Agences de l'Eau AG et LB, novembre 2009

Tableau 20 : Incidence de SLA et stations d'épuration en Limousin (1997-2007)

Notre base de données dénombre 391 stations en Limousin (l'inventaire du bassin Adour Garonne dans la partie sud apparaît moins exhaustif que celui du Bassin Loire Bretagne,

pour les stations inférieures à 800 EqHab¹⁵⁹ : les stations inférieures à 100 Eqhab sont rarement inventoriées et rappelons que le chiffre annoncé est la somme des capacités des stations présentes dans chaque commune.

A l'échelle régionale, le SIR est systématiquement supérieur à 1 et l'IC95 supérieur à 0,9, dès lors que le volume traité est supérieur à 250 Eqhab. En ne considérant que l'inventaire dressé dans la partie Loire Bretagne, la sur-incidence est même significative pour les communes supérieures ou égales à 500 EqHab (ce qui ne concerne pourtant que 13% des communes de la zone géographique étudiée).

Nous avons par ailleurs testé si le système de traitement des stations pouvait avoir une influence. Les stations utilisant les techniques de lagunage (les premières suspectées comme condition de milieu optimale pour les cyanobactéries) témoignent d'un SIR inférieur à 1 (tableau 21).

PRESENCE DE STATIONS D'EPURATION Zone géographique	Système de traitement	N	Nbre de stations	Oi	Ei	SIR	IC95 min	IC95 max
Bassin Loire Bretagne (439 communes / 302 stations) <i>Partie nord de la région</i>	Boue activée	80	85	73	64,67	1,13	0,88	1,42
	Décantation	21	23	6	6,54	0,92	0,34	2,00
	Filtre (bio ou planté)	40	45	4	7,05	0,57	0,15	1,45
	Lagunage	106	132	15	23,59	0,64	0,36	1,05
	Autre	14	17	2	2,71	0,74	0,08	2,66

N : Nombre de communes concernées – Oi : cas observés – Ei : cas attendus – SIR : ratio standardisé d'incidence – IC95 : intervalle de confiance de 95% selon la loi de Poisson.

Source : Agences de l'Eau LB, novembre 2009

Tableau 21 : Incidence de SLA (1997-2007) et type de traitement des stations d'épuration

Notons toutefois que ces stations (présentes sur 24 % du territoire concerné) sont essentiellement de petites unités raccordées à des hameaux ou à des lotissements récemment construits en milieu rural. Le seul SIR supérieur à 1 concerne les stations disposant d'un système à boues activées, sans que pour autant la valeur soit significative. Ce système concerne 85 stations qui se distribuent sur plus de 18% du territoire nord de la région (Bassin Loire Bretagne).

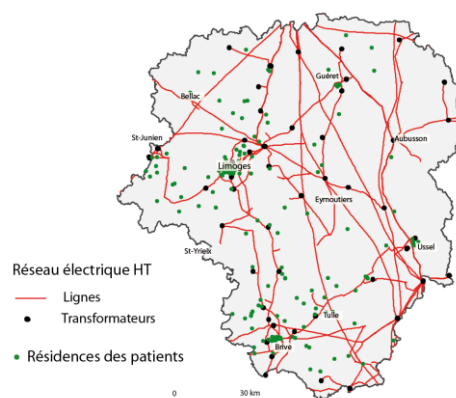
¹⁵⁹ L'unité de mesure EqHab (Equivalent Habitants) permet d'apprécier l'importance de la station en fonction du nombre de résidents raccordés.

3. Exposition collective aux CEM : l'infrastructure Haute Tension

Le thème de l'exposition collective aux CEM (Champs Electro-Magnétique) n'est pas souvent posé dans les investigations sur la SLA. Sur ce thème, nous avons effectué la plupart des tests avec le modèle GEO_US sans jamais arriver à un résultat significatif. Les infrastructures énergétiques de la base de données BDcarto de l'IGN (pylône, transformateurs, longueur de lignes et voltage, etc.) ont été dénombrées par commune (par croisement et superposition des couches). Le modèle GEO_CAS a donc été expérimenté sur cette problématique : nous avons calculé le SIR en sommant le nombre de cas observés (géolocalisés à l'échelle métrique) et la somme des cas attendus par bâtiment résidentiel dans différentes zones d'équidistances à l'infrastructure (ligne électrique ou transformateur) *Haute Tension* (figure 96).

Distance de la résidence à l'infrastructure Haute Tension (lignes et transformateurs)

	Oi	Ei	SIR	IC95	
				min	max
Moins de 100 m	8	4,57	1,74	0,75	3,44
Moins de 200 m	18	11,08	1,62	0,96	2,56
Moins de 300 m	27	17,88	1,51	0,99	2,19
Moins de 400 m	38	24,78	1,54	1,08	2,10
Moins de 500 m	43	31,35	1,37	0,98	1,83
Moins de 1 000 m	71	63,6	1,11	0,89	1,83



Oi : cas observés – Ei : cas attendus – SIR : ratio standardisé d'incidence –

IC95 : intervalle de confiance de 95% selon la loi de Poisson. Source : BDtopo (IGN)

Figure 96 : Incidence de SLA (1997-2007) et réseau Haute Tension en Limousin

Tous les SIR sont supérieurs à 1, mais la seule sur incidence significative est observable pour les unités d'habitations situées à moins de 400 m du réseau électrique Haute Tension. Toutefois la constante de la baisse de l'incidence au fur et à mesure que l'on s'éloigne des sources d'expositions interroge.

4. Exemples de quelques spécificités industrielles du Limousin

Cette partie vise surtout à montrer l'intérêt de la méthode : une fois l'information structurée un traitement automatisé permet d'investir de nombreux champs thématiques. Les trois thèmes suivants sont issus des analyses environnementales que nous conduisons actuellement.

INDUSTRIES EXTRACTIVES					Sur les communes concernées (N)				
Code	Désignation (abrégée)	Nbre	N	N	Oi	Ei	SIR	IC95	IC95
NAF		établiss.		sla				min	max
b05	Extraction de houille, de lignite et de tourbe	51	24	5	6	5,78	1,04	0,38	2,26
b07	Extraction de minerais métalliques	10	7	1	1	0,67	1,49	0,02	8,30
b07.21z	Extraction de minerais d'uranium et de thorium	59	37	7	14	9,04	1,55	0,85	2,60
b07.29z	Extraction d'autres minerais de métaux non ferreux	215	94	24	76	62,58	1,21	0,96	1,52
b08.11z	Extraction de pierres ornementales et de construction	424	169	40	100	89,21	1,12	0,91	1,36
b08.12z	Exploitation de gravières et sablières, extraction d'argiles et de kaolin	37	23	6	16	22,43	0,71	0,41	1,16
b08.91z	Extraction des minéraux chimiques et d'engrais minéraux	28	22	4	9	9,99	0,90	0,41	1,71
b08.99z	Autres activités extractives n.c.a.	14	11	1	1	2,2	0,45	0,01	2,53
	TOUS	838	295	59	128	113,38	1,13	0,94	1,34

NAF : Nomenclature d'Activités Françaises - N : Nombre de communes concernées – Oi : cas observés – Ei : cas attendus – SIR : ratio standardisé d'incidence – IC95 : intervalle de confiance de 95% selon la loi de Poisson. Source : Basias (BRGM), extraction Novembre 2009

Tableau 22: Incidence de SLA (1997-2007) et Industrie extractive en Limousin

Le territoire Limousin, par sa richesse géologique (région de socle granitique et auréoles métamorphiques) a été largement exploité par l'industrie extractive (tableau 22). La région est d'abord connue pour son exploitation uranifère, la plus importante de France même si elle ne concerne que 5% du territoire régional. Cette activité ne s'est arrêtée que très récemment (2001). Pour les communes concernée (exploitation d'Uranium ou de Thorium), le SIR témoigne d'une sur-incidence non significative (SIR=1,55 [0,85- 2,60]). L'autre exploitation minière importante fut les mines d'Or à la fin du XIXème et au cours du XXème siècle, enregistrées au sein de l'appellation *Extraction de métaux non ferreux*. Cette activité a existé sur 12,5% du territoire régional, mais concerne 25% des communes présentant des cas incidents. Le SIR, comme pour l'exploitation uranifère, témoigne d'une sur-incidence non significative (SIR = 1,21 [0,96-1,52]).

Lors d'investigations sur ces exploitations minières, les matières premières extraites et traitées sont considérées, mais ne doivent pas occulter les autres substances liées au procédé de traitement ou à la géochimie des roches (Aluminium dans les bassins de décantation des sites d'exploitation d'Uranium, Arsenic naturellement libéré lors de l'exploitation de filon d'Or...). Enfin, les communes connaissant une activité d'extraction pour des matériaux de construction (ou de pierres ornementales) témoigne aussi d'une sur-incidence (SIR=1,12

[0,91-1,36]). Au final, si l'on considère toutes les communes qui ont connu une activité d'exploitation minière (soit 40% du territoire régional et 60 % des communes où résident des cas incidents), le SIR est de 1,13 [0,94-1,34].

Le tableau 23 recense les entreprises et industries en charge de la gestion des déchets. La plupart de ces activités conduisent à une lecture de sur-incidence (seuls les dépôts ménagers ont un SIR inférieur à 1 parmi les 12 types recensés).

GESTIONS DES DECHETS					Sur les communes concernées (N)				
Code NAF	Désignation (abrégée)	Nbre établis.	N	N sla	Oi	Ei	SIR	IC95 min	IC95 max
e37.10z	Activités et entreprises de nettoyage et ou de vidange	6	2	2	42	30,31	1,39	1,00	1,87
e38.11z	Collecte des déchets non dangereux (décharge d'O.M. ; déchetterie)	54	45	14	65	58,72	1,11	0,85	1,41
e38.31z	Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables	23	19	10	62	51,97	1,19	0,91	1,53
e38.32z	Récupération de déchets triés non métalliques recyclables	2	2	1	2	0,88			
e38.39z	<i>Régénération et ou stockage d'huiles usagées</i>	1	1	1	36	27,25	1,32	0,93	1,83
e38.42z	Dépôt d'immondices, dépotoir à vidanges (appellation des déchets ménagers avant 1945)	49	39	3	8	12,1	0,66	0,28	1,30
e38.43z	Décharge de déchets verts	3	3	0	0	0,6			
e38.44z	Décharge de déchets industriels banals (D.I.B.)	49	40	5	46	40,25	1,14	0,84	1,52
e38.45z	Décharge de déchets industriels spéciaux (D.I.S.)	3	3	0	0	0,52			
e38.46z	<i>Décharge de déchets hospitaliers ou de laboratoires pharmaceutiques</i>	1	1	1	36	27,25	1,32	0,93	1,83
e38.47z	<i>Usine d'incinération et atelier de combustion de déchets (indépendants ou associés aux cimenteries)</i>	3	3	1	36	28,68	1,26	0,88	1,74
e38.48z	Dépôts de gravats	8	8	2	2	1,81	-	-	-

NAF : Nomenclature d'Activités Françaises - N : Nombre de communes concernées – Oi : cas observés – Ei : cas attendus – SIR : ratio standardisé d'incidence – IC95 : intervalle de confiance de 95% selon la loi de Poisson. Source : Basias (BRGM), extraction Novembre 2009

Tableau 23 : Incidence de SLA (1997-2007) et Gestion des déchets en Limousin

Dans de nombreux cas, la commune de Limoges est concernée ce qui n'explique pas pour autant cette sur-incidence systématique.

- Le cas des *Entreprises pour le recyclage des rejets de nettoyage ou de vidange* est explicite : le SIR est significatif mais ne concerne que deux communes. Sans Limoges, le SIR est alors de 1,96 [0,72-4,27] avec 6 cas observés pour 3,06 attendus.
- Le *Démantèlement d'épaves et la récupération de matières métalliques recyclables* concerne 2,5 % des communes du Limousin mais plus de 10% des communes où résident des cas incidents de SLA. Le SIR est de 1,19 [0,91 – 1,53], mais reste sur-incidente si l'on soustrait Limoges (SIR = 1,05 [0,69-1,54]).

Enfin, le tableau 24 présente les entreprises et industries en charge du stockage (ou stockant pour leur propre activité) des matières premières relevant d'une législation spécifique.

STOCKAGE DE MATIERES POLLUANTES					Sur les communes concernées (N)				
Code	Désignation (abrégée)	Nbre	N	N	Oi	Ei	SIR	IC95	IC95
NAF		établiss.		sla				min	max
v89.01z	Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques, hors fabrication)	145	76	22	84	70,97	1,18	0,94	1,47
v89.02z	Stockage de charbon	4	4	0	0	0,99	-	-	-
v89.03z	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)	365	121	25	85	89,36	0,95	0,76	1,18
v89.06z	Boues de dragage (éventuellement chargées en métaux et ou en produits polluants organiques)	2	1	1	1	0,21	-	-	-
v89.07z	Dépôt ou stockage de gaz (hors fabrication cf. C20.11Z ou D35.2)	12	7	3	12	16,62	0,72	0,37	1,26
TOUS		528	176	38	105	103,67	1,01	0,83	1,23

NAF : Nomenclature d'Activités Françaises - N : Nombre de communes concernées – Oi : cas observés – Ei : cas attendus – SIR : ratio standardisé d'incidence – IC95 : intervalle de confiance de 95% selon la loi de Poisson. Source : Basias (BRGM), extraction Novembre 2009

Tableau 24 : Incidence de SLA (1997-2007) et stockage de matières polluantes

Les suspicions sur les sites de stockage de matières dites « dangereuses » sont légitimes dans une logique environnementale.

D'autant plus que ces derniers sont nombreux en Limousin : 528 sites distribués sur 23,5 % du territoire, et qui concerne 39 % des communes concernées par des cas de SLA. Une seule activité témoigne d'une sur-incidence : les sites où il existe un *stockage de produits chimiques (minéraux et/ou organiques, hors de leur lieu de fabrication)*. Le SIR de 1,18 n'est cependant pas significatif (IC= [0,94-1,47])

B. Les facteurs environnementaux dans les agrégats régionaux

Pour terminer la présentation de nos premières investigations environnementales, nous avons observé si ces types d'industries conduisant à des espaces de sur-incidence significative à l'échelle régionale, étaient fortement représentés dans les 3 agrégats (tableau 25).

Liste des facteurs établis en fonction des résultats observés à l'échelle régionale [dont le SIR >1 et IC95% >0,9] (Cf. commentaires paragraphe IV.1.)		Agrégat OUEST 8 communes 9 657 Habitants Oi = 10 ; Ei = 2,55		Agrégat SUD 12 communes 8 677 Habitants Oi = 9 ; Ei = 2,30		Agrégat CENTRE 2 communes 6 259 Habitants Oi = 6 ; Ei = 1,24	
Code NAF	Désignation (abrégée)	N	N'	N	N'	N	N'
INDUSTRIE MANUFACTURIERE							
c17	Industrie du papier et du carton	2	2	0	0	1	1
c18	Imprimerie et reproduction d'enregistrements	0	0	1	1	0	0
c20	Industrie chimique	2	2	2	7	0	0
INDUSTRIE EXTRACTIVE							
b07.29z	Extraction d'autres minerais de métaux non ferreux	0	0	2	6	1	1
b08.11z	Extraction de pierres ornementales et de construction	0	0	8	17	0	0
GESTION DES DECHETS							
e37.10z	Activités et entreprises de nettoyage et ou de vidange	0	0	0	0	0	0
e38.31z	Démantèlement d'épaves, récupération de matières métalliques recyclables...	0	0	0	0	0	0
STOCKAGE DE MATIERES POLLUANTES							
v89.01z	Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques, hors fabrication)	1	1	2	2	0	0
Légende							
Oi : cas observés – Ei : cas attendus							
NAF : Nomenclature d'Activités Française							
N : Nombre de communes concernées							
N' : Nombre - d'établissements industriels (à titre indicatif)							
Ou - de stations d'épuration							
Ou - de km de ligne HT							
et nombre de transformateurs HT							
		STATION D'EPURATION					
		N	N'	N	N'	N	N'
		6	6	5	6	2	3
		RESEAU ELECTRIQUE HAUTE TENSION					
		N	N'	N	N'	N	N'
		3	13,5 1	2	6,5 0	1	18,28 1

Source : Basias (BRGM), Agences de l'Eau AG et LB, IGN (BDtopo), novembre 2009

Tableau 25 : Facteurs environnementaux dans les 3 agrégats régionaux (1997-2007)

1. Cyanobactéries et stations d'épuration, le devant de la scène

Nous privilégions la piste des rejets des stations d'épuration : les 3 agrégats régionaux sont concernés avec au minimum une station d'épuration par commune. La présence de ces installations, à l'échelle globale comme à l'échelle locale semble conduire à une lecture de zones sur-incidentées dont les hypothèses étiologiques au regard de la SLA font d'abord penser à un milieu privilégié pour les cyanobactéries. En effet, très peu de stations d'épurations sont équipées d'un traitement contre les rejets de phosphore, et c'est justement un élément indispensable aux proliférations cyanobactériennes (remarque valable pour de nombreuses industries manufacturières citées dans le prochain paragraphe).

Une investigation à haute résolution autour des stations d'épuration permettrait aussi de travailler sur les rejets dans le milieu naturel de matières non « digérées » par les systèmes de boues activées (métaux lourds), ou bien encore sur les pratiques de recyclage de boues concentrées d'éléments toxiques, etc.

2. Les industries : éléments métalliques, chimiques, solvants et... cyanobactéries ?

Mises à part les entreprises en charge de la gestion des déchets (aucune présente dans les agrégats), toutes les industries conduisant à des sur-incidences significatives à l'échelle régionale (*Fabrication de pâte à papier, Industrie chimique, Entreprises stockant des produits chimiques hors lieu de fabrication, Industrie extractive*) concernent au moins deux agrégats sur les trois de la région. Il est intéressant de noter que ce sont les communes présentant le plus grand nombre de cas qui concentrent les industries.

Dans l'agrégat CENTRE, une seule commune présentant 4 cas, héberge une industrie de *Fabrication de pâte à papier*, une industrie de *fabrication de substances chimiques*, et une entreprise *stockant des produits chimiques*.

Dans l'agrégat SUD, les deux communes présentant le nombre de cas le plus élevé concentrent 78% des industries manufacturières présentes sur les 12 communes. Notons que cet agrégat est particulièrement concerné par l'industrie extractive.

L'agrégat OUEST contient deux communes hébergeant une industrie de *fabrication de pâte à papier*. Les principales techniques de cette activité industrielle (trempage, détrempage, égouttage... couplées aux procédés chimiques et à l'augmentation de la température de l'eau)

créent des milieux (dans les zones de rejets comme dans les bassins « intérieurs » des usines) pouvant être favorables à la présence de cyanobactéries. Les rejets industriels méritent aussi une attention particulière compte-tenu des éléments chimiques potentiellement utilisés.

3. Le réseau électrique Haute Tension, une piste moins probante

Le seul facteur presque inexistant dans les agrégats concerne l'exposition au réseau électrique Haute Tension. Bien que présentes, les infrastructures sont situées sur les communes présentant au maximum un seul cas : dans l'agrégat OUEST, 90% de l'infrastructure est située sur la commune sans cas ; dans l'agrégat du CENTRE toute l'infrastructure est située sur la commune ne présentant qu'un seul cas ; et au SUD, la ligne Haute Tension ne fait que longer l'agrégat dans sa marge. D'autres pistes doivent être explorées : les centrales hydroélectriques par exemple élèvent la température de l'eau à l'aval rendant ainsi le milieu favorable aux cyanobactéries.

La géographie de nos agrégats semble aujourd'hui corrélée des critères justifiant des investigations à haute résolution : le réseau d'adduction d'eau des communes de Rochechouart et de Saint-Junien a été raccordé au réseau d'eau public de l'agglomération de Limoges. Ces travaux conséquents ont été motivés par une récurrence de proliférations cyanobactériennes dans les eaux de surfaces utilisées pour le réseau Adduction d'Eau Potable. D'ailleurs les aménagements importants visant à limiter les proliférations cyanobactériennes dans cette partie de la région se multiplient (les déstratificateurs thermiques dans les plans d'eau fréquentés par le public par exemple). Par ailleurs, les études cliniques semblent démontrer une relation systématique entre la Sclérose Latérale Amyotrophique et la présence d'une cyanotoxine chez les patients : la L-BMAA est une neurotoxine produite par des cyanobactéries. Une problématique qui se poursuit bien au-delà de ce doctorat¹⁶⁰.

¹⁶⁰ NeTeC et GEOLAB ont été coordonnateurs d'un projet lauréat l'appel à projet ANR CESA 2011 sous l'acronyme BMAALS

Conclusion du chapitre V

Des limites méthodologiques inhérentes liées aux modèles géographiques, à celles qui relèvent de l'état d'avancement de nos travaux, nous terminons ce chapitre en engageant les discussions sur les apports de cette démarche géographique, et présentons les perspectives de ces recherches, aujourd'hui plus qu'initiées.

Les limites du modèle GEO_US ont déjà été précisées dans le chapitre précédent (prise en compte de l'évolution démographique, limite d'une lecture *in situ*, etc.). Grâce au modèle GEO-CAS, l'ensemble des objets (industries, stations d'épurations, puits...) peut être géoréférencé à l'échelle métrique, et ouvre des perspectives pour raisonner dans des logiques de transferts vers l'environnement dans des systèmes hydrologique (eau), équidistant (air) ou gravitaire (sol). Malgré la performance des outils de géolocalisation automatisés à partir des adresses postales, les résultats restent partiels et les interventions manuelles longues et fastidieuses. Le modèle GEOCAS n'a donc été que peu expérimenté à ce jour, mais il est un axe de développement privilégié.

Le choix de présenter successivement une méthode de détection d'agrégats et une méthode de mesure d'exposition collective à différents facteurs environnementaux correspond au postulat de ces recherches géographiques en épidémiologie : l'incidence varie de façon structurée (donc non aléatoire) en fonction des échelles spatiales d'observations. Les hypothèses que nous développons s'appuient ensuite sur les interactions spatiales avec des objets géographiques interprétés comme des sources d'exposition potentielle à des substances identifiées dans les recherches cliniques. Les modèles géographiques permettent de raisonner à différentes échelles, et nous avons ainsi pu appréhender la nature des activités industrielles semblant induire des espaces de surincidence de SLA.

Géostatistiquement significatives à l'échelle régionale, les relations avec les industries de *fabrication de pâte à papier* ou *les stations d'épurations* méritent une attention particulière dans la suite de nos investigations. L'analyse permettant de définir l'extension spatiale de chacun des 3 agrégats régionaux est une contribution certaine pour l'étude des facteurs environnementaux : le modèle GEO-CAS sera élaboré prioritairement dans ces espaces de sur-incidence, sans oublier pour autant que ce qui est sur-représenté dans l'agrégat n'est pas pour autant significatif à l'échelle régionale.

Le modèle GEO-US (qui a permis d'arriver à ces résultats) relève d'une approche écologique, traitant de l'incidence et d'exposition environnementale collective des populations. Le modèle GEO_CAS doit permettre de continuer à investir à grande échelle les agrégats identifiés tant sur le plan environnemental (avec une cartographie à l'échelle métrique), que sur le plan épidémiologique (cartographie d'une étude cas-témoins par exemple). Sur le plan environnemental, une cartographie d'*Aide à la Décision* est en cours d'élaboration pour aider aux prélèvements de terrain (prélèvements d'eau, de terres.....). Le modèle GEO_US, plus abouti méthodologiquement, va permettre de prolonger ces prospections vers de nouvelles thématiques : il permet des analyses géostatistiques encore inédites pour les investigations sur la SLA en raisonnant par unités spatiales à différentes échelles : matériaux de construction et âges des logements, niveau de revenus des populations, migrations pendulaires domicile-travail....

Enfin, la dimension temporelle dans l'identification d'agrégat reste problématique pour l'étude des maladies rares : la fenêtre spatio-temporelle étudiée doit disposer d'une puissance statistique suffisante. Des tests sont réalisés mais la source d'enregistrements manque considérablement de puissance statistique pour envisager l'étude de différentes strates temporelles.

Cette approche géoécologique, résolument préliminaire à des investigations à haute résolution spatiale, sera prochainement expérimentée sur une population de référence de 7 départements français grâce au *Réseau de méthodologie coordonnée d'investigations des agrégats spatio-temporels de SLA* (Réseau National Inserm, programme de recherche 2010-2011) regroupant des équipes de Grenoble (XTIMC-IMAG UMR CNRS 5525, CHU de Grenoble, PACTE UMR CNRS 5194), de Montpellier (CHU de Montpellier, Ecolag UMR CNRS 5119, IFREMER-IRD), de Limoges (CHU de Limoges, NetTeC EA3174 , GEOLAB UMR CNRS 6042), de Rennes (ECOBIO UMR CNRS 6553) et de Paris (UMR CNRS 7223 ENSCP). Au côté des neurologues, des épidémiologistes, des géographes et des géomaticiens, des spécialistes des cyanobactéries contribuent à un modèle environnemental qui pourrait devenir un référentiel français pour l'étude de l'incidence de la SLA et des facteurs environnementaux suspectés.

Conclusion de la seconde partie

Durant les années 2008 et 2009, au cours de nos collaborations et échanges scientifiques dans le domaine de l'épidémiologie¹⁶¹, nos approches géographiques conduites au moyen d'un SIG ont toujours attiré l'attention des acteurs présents. Ces technologies sont la plupart du temps connues, mais la culture géomatique est limitée aux procédés de géolocalisation, et à la production de représentations spatiales. Pour conclure cette seconde partie, nous tenterons de faire une synthèse des usages des TIG par les acteurs du domaine de l'épidémiologie. Des systèmes d'enregistrements des cas incidents aux recherches épidémiologiques, les missions analytiques assignées aux TIG produisent-elles des résultats utiles aux gestionnaires des territoires ? Quels sont les enjeux et les perspectives de ces technologies dans le domaine de la santé publique ?

Les TIG dans les systèmes de surveillance sanitaire français

Les TIG ne sont qu'occasionnellement présentes dans les recherches épidémiologiques conduites au sein des registres ou centres de référence français, et elles sont totalement absentes des systèmes d'enregistrements continus des cas incidents. C'est pourtant dans cette mission que le SIG témoigne généralement de sa pertinence : dans la structuration et la mobilisation de l'information. Existe-t-il vraiment un avantage à utiliser un SIG dans l'enregistrement continu des cas incidents ? La mobilisation des informations pour une analyse géographique est généralement conduite en parallèle du système d'enregistrement, dans les missions d'activités scientifiques des registres. Le géocodage à l'échelle communale est praticable pour la plupart des bases de données élaborées car le code Insee de la commune est souvent présent (au pire on y trouve le code postal et le nom de la commune). Il est toutefois étonnant que le réseau de registres des cancers français n'ait pas encore mis en place un référentiel d'enregistrements, en multi-sites ou en connexion sécurisée sur un serveur du réseau Francim. Dans les registres, les outils développés en interne sont hétérogènes : des macros dans des classeurs ou feuilles de données (Excel Microsoft), une

¹⁶¹ Participation à la 3^{ème} conférence d'épidémiologie clinique francophone (Fès, mai 2009), 2 colloques du Cancéropôle GSO 2008 – 2009, 8 journées d'études du réseau GSO, action-recherche avec l'InVs, l'Irsn, etc.

base de données SGBDr (Access Microsoft) une application dédiée développée en logiciel libre (langage PHP/MySQL) dans un intranet multiposte, etc. Une homogénéisation des procédures par un outil d'enregistrement unique (et modulaire pour prendre en compte l'information commune et laisser libres les recherches spécifiques des registres) optimiserait considérablement la structuration de l'information.

Finalement, il ne manque qu'une normalisation de la saisie de l'adresse postale afin de la rendre compatible avec les outils de géolocalisation automatisée¹⁶², et ceci est valable tant pour les registres des cancers que pour toutes structures (ou services) enregistrant en continu les cas incidents (et qui exploite sa base dans le cadre de recherches épidémiologiques). Ces structures fonctionnent sur des budgets « serrés » compte tenu de la charge de travail et de la ressource humaine nécessaire (par exemple, on estime qu'un enregistrement de cas incident au sein d'un registre de cancer a un coût moyen de 100 euros). L'absence de ces préoccupations techniques dans les systèmes d'enregistrements (normalisation permettant un géocodage) témoigne du niveau de culture géomatique dans ce domaine d'activité : le SIG est perçu comme un outil, plus précisément un outil d'analyse spatiale et de représentations des données, qui généralement est aux mains d'un (ou quelques) chercheur(s) pour une problématique spécifique relevant de la distribution géographique.

Recherche d'épidémiologie spatiale : une problématique territoriale ?

Les enjeux des recours aux TIG par des acteurs de la surveillance sanitaire relèvent de la combinaison de deux phénomènes : la multiplication des sources d'enregistrements de cas incidents et la démocratisation des outils informatiques permettant l'étude des structures agrégatives à l'échelle infrarégionale. Les fenêtres spatio-temporelles investies sont ainsi de plus en plus « larges » et conduisent à de nouveaux questionnements liés notamment à un élargissement de la définition d'un agrégat sanitaire.

Depuis 20 ans, les registres ou centre de référence, ont été mis en place progressivement. Si seulement 18 % de la population métropolitaine vit aujourd'hui dans un territoire de compétence d'un registre, ce chiffre ne cesse d'augmenter (13% en 2004). La démocratisation

¹⁶² Les sociétés produisant les bases de données pour les GPS des particuliers (ex : Multinet de TéléAtlas) les commercialisent dans des formats SIG compatibles avec des géocodages automatisés d'adresses postales normalisées (code Rivoli)

des systèmes informatiques dans les institutions du domaine de la Santé (hôpitaux¹⁶³, laboratoires, assurances maladies, etc.) a conduit à l'élaboration de systèmes d'enregistrements multi-sources (en continu par un registre ou ponctuellement pour une recherche) qui permettent aujourd'hui de mettre en évidence des agrégats spatiaux de sur-incidence sur une durée d'observation de plus de 10 ans. Ces démarches ponctuelles avant la mise en place de ces sources d'enregistrements, tendent à se multiplier grâce à une mobilisation d'informations déjà structurées. Les problématiques liées aux facteurs de risque ont toujours accompagné les recherches épidémiologiques. Les TIG n'ont fait qu'optimiser les modèles de relations avec l'environnement, qu'il s'agisse de variables sociodémographiques ou d'exposition à une source potentielle de pollution.

D'un point de vue des acteurs en charge de la surveillance sanitaire, l'émergence et la multiplication des résultats croisant agrégat et source d'exposition environnementale constituent de nouvelles problématiques qui ne sont pas encore prises en compte par les outils à disposition de ces institutions.

La publication référentielle de l'InVs concernant *l'évaluation et la prise en charge des agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses* (Germonneau, 2005) pose des postulats qui relèvent plus de l'évènementiel (ou de l'accidentel) que d'une exposition à de faibles doses sur du long terme. Selon ce *Guide méthodologique*, pour qu'un agent environnemental soit considéré comme étant à l'origine d'un agrégat « remarquable », plusieurs critères épidémiologiques doivent être réunis :

- *l'introduction de l'agent dans le milieu doit être rapide de sorte que la variation de la fréquence des pathologies dans le temps soit marquée*
- *le nombre de personnes exposées doit être élevé pour que le nombre de cas attribuables à l'agent soit suffisant*

¹⁶³ Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) : Système informatique mis en place pour harmoniser et structurer la gestion des établissements hospitaliers qui enregistrent chaque visite, hospitalisation et acte médical. Elle est la source la plus fréquemment utilisée pour constituer des quorums même si elle nécessite des traitements de corrections assez importants (doublons, erreur de diagnostics, etc.) et bien évidemment d'être recroisée avec une autre source.

- *l'intensité de l'exposition doit être suffisante pour que le niveau d'exposition soit au dessus d'un éventuel effet seuil*
- *l'effet de l'exposition doit être puissant, le risque relatif doit être élevé*
- *l'effet doit être spécifique à l'exposition, idéalement une seule maladie rare*
- *l'effet doit être grave pour attirer l'attention*
- *le délai entre l'exposition et la survenue de la maladie doit être court afin que le phénomène de migration ne dilue pas l'effet*

Postulats cités dans (Germonneau, 2005), à partir des travaux de (Rothman , 1990) et du Centre hospitalier de l'Université Laval (1996)

Dans le domaine de la recherche, la définition de l'agrégat (notamment au regard d'une source d'exposition environnementale) a toujours été discutée, ce qui n'est pas le cas d'un signalement officiel d'agrégat sanitaire. Dans le guide, l'auteur dresse la liste des investigations dites pertinentes (qualificatif utilisé pour signaler qu'elles sont arrivées à des conclusions significatives) mais n'énumère que des études dont le nombre de cas observés varie de 3 à 7 sur une période maximum de 3 ans. Deux autres études mentionnées ne répondent pas à ces critères : la première concerne 12 cas sur une période d'observation de 12 ans (1978-1987, amiante et cancer du poumon (Luce, 1994)) et la seconde concerne plusieurs centaines de cas sur une période de 2 ans (Thalidomide et Phocomélie (Tausig, 1962)).

Il existe ainsi une grande différence entre les représentations et les perceptions d'un chercheur et d'un professionnel en charge de l'alerte sanitaire. Si l'intérêt scientifique est présent dans les deux cas, les préoccupations de la gestion de l'agrégat (et notamment la communication auprès des riverains) conduisent très souvent à différencier un agrégat défini au sens scientifique, d'un agrégat défini au sens sanitaire. Les TIG ne font qu'accentuer les différences de perceptions : les représentations spatiales produites interrogent le chercheur mais ont tendance à effrayer les acteurs qui devront porter à connaissance ces résultats notamment auprès des élus locaux.

Acteurs de la veille sanitaire avant la réforme territoriale de la santé publique

Les signalements sanitaires enregistrés auprès du Ministère de la Santé ou dans les Observatoires Régionaux, ne sont donc pas de la même teneur que les agrégats identifiés par des chercheurs. En France, entre 1997 et 2002, 38 signalements (seulement) ont été identifiés. Une étude de cluster a été réalisée pour 32 d'entre elles, et 26 se sont intéressées à une source d'exposition environnementale. Dans presque 50% des cas, le signalement venait d'une association (consommateurs, riverains, parents d'élève, défense de l'environnement, etc.). En dehors de ces signalements, les déclarations sont généralement réalisées par des médecins généralistes ou la médecine du Travail.

La procédure est ensuite rigoureuse : le préfet est averti de l'évènement et consulte la DDASS pour avis. La DDASS travaille généralement avec la Cire (Cellule interrégionale d'épidémiologie) afin de rendre un rapport avisé au préfet. Le cas échéant, ce dernier officialise la déclaration et saisit la DDASS et la Cire pour une étude permettant de répondre aux problèmes de santé publique posés, ainsi qu'aux préoccupations des riverains.

Le 17 avril 2009, nous avons participé à une réunion en présence de ces acteurs à Grenoble : le service neurologique de l'Hôpital de Grenoble souhaitait déclarer un agrégat de SLA dans une commune d'Isère (8 cas pour moins de 6000 habitants sur une période de 5 ans). Le guide méthodologique en main (Germonneau, 2005), les représentants de la DDASS et de la Cire ont admis la sur-incidence (après une démonstration argumentée) mais ont estimé que les conditions n'étaient pas réunies pour conclure à un agrégat. Plusieurs raisons expliquent cette position, toutes mentionnées et surlignées dans le guide :

- *il s'agit d'une maladie rare et donc la communication sur le sujet a d'autant plus de chance de créer des préoccupations et inquiétudes légitimes auprès de la population. Cette initiative, à ce jour, ne pourrait être justifiée*
- *Même si la maladie est rare, l'incidence n'est pas suffisamment « remarquable » pour donner lieu à une action d'investigation officielle*
- *Au regard des critères recommandés par l'Invs, la présence d'un agent environnemental n'est pas encore démontrée et il faudra que ce dernier réponde aux critères cités dans le guide (aspects évènementiels précédemment expliqués).*

Notes personnelles de réunions, le 17 avril 2009, Grenoble.

Dans le cadre de la première étude de cas (Incidence des cancers autour des anciens sites d'exploitation d'Uranium), les acteurs en présence relevaient aussi du domaine de la veille sanitaire, mais en termes de préconisation méthodologique. Malgré des résultats territorialisés, aucun acteur n'a pris l'initiative de faire connaître les résultats, malgré les missions de chacun (InVs, Registre Général des Cancers, IRSN, DRIRE, etc.). Compte-tenu de nos interrogations, les autorités nationales faisaient valoir leurs missions de préconisations (mise en place d'une méthode). Il est certain que le calendrier (remise d'un rapport aux ministères concernés) n'a pas facilité une communication de ces résultats (au risque que le dossier soit moins consensuel), mais la raison principale invoquée est qu'il existe aujourd'hui des structures destinées à cela : la Clis (Commission Locale d'Information et de Surveillance) ou bien encore le CODERST (Comité Départemental d'Evaluation des Risques Sanitaires et Technologiques). Ces deux structures existent sur le territoire de Bessines, mais encore faudrait-il qu'un acteur les informe de ces résultats. Le Registre Général des Cancers du Limousin est probablement le mieux placé pour engager ces discussions : il est un acteur local en charge de l'enregistrement continu des cas incidents dans l'espace de compétences de ces institutions. Mais comme nous l'avons signalé, pourquoi agir davantage sur ce sujet que sur les agrégats détectés au regard des champs électromagnétiques, des produits phytosanitaires, etc. Une compétence territoriale (et donc ici régionale) sur le thème *Santé Environnement* consisterait ainsi à savoir mesurer ces différentes interactions et à prioriser les investigations à hautes résolutions (spatiales et épidémiologiques).

Les TIG optimisent les nouvelles pistes permettant d'accroître nos connaissances sur les relations entre *Santé et Environnement* (pris au sens large). Exclusivement aux mains des chercheurs, ces technologies permettent de mettre en œuvre des méthodes innovantes dont les résultats sont scientifiquement validés. Cependant, le mode d'expression cartographique pour les résultats pose un problème récurrent : l'identification géographique des espaces de sur-incidence est fortement redoutée par les élus locaux en charge de la valorisation et de l'attractivité de leurs territoires d'élection. A la fin de ce travail, nous n'avons pas encore eu l'opportunité de porter nos résultats à la connaissance des élus locaux, alors que nous sommes sollicités par les institutions territoriales en charge de la surveillance sanitaire implantés dans la région.

Lors de nos échanges avec les acteurs de l'InVs, avec la DDASS, ou bien encore la Cire, l'absence de plateforme de concertation entre les acteurs de la surveillance sanitaire et de la gestion territoriale était un constat unanime. Tous aussi unanimes, les acteurs de la Santé (dans le domaine de l'épidémiologie) appréhendent une communication auprès d'élus locaux ou de représentants de l'Etat (Préfet) construite à partir de représentations spatiales risquant de stigmatiser un territoire.

Au-delà de cet aspect non négligeable, l'évolution attendue dans ce domaine d'activité est une lecture plus graduée des agrégats : plus la mobilisation d'informations sanitaires structurées sera facilitée, plus les problématiques liées à des agrégats dans des fenêtres spatio-temporelles vastes vont se multiplier. Les TIG contribuent significativement à ces recherches en permettant les mesures d'incidences infrarégionales, en optimisant les modèles géostatistiques de relation avec les facteurs environnementaux, ou sociodémographiques, etc. Les enjeux des TIG dans le domaine disciplinaire de l'épidémiologie spatiale concernent donc deux axes principaux : optimiser les méthodes de mesures d'incidence et de relation avec l'environnement, et servir de plateforme commune permettant un partage de la connaissance d'un territoire entre les acteurs de la surveillance sanitaire et les gestionnaires de ces territoires.

Veille et surveillance géo-sanitaire dans une gestion territoriale de la santé résolument tournée vers l'accès aux soins

Comme nous l'avons déjà précisé, le 1^{er} avril 2010, les Agences Régionales de Santé ont été créées dans l'objectif de rationaliser les moyens et de mutualiser les ressources, en d'autres termes, en fusionnant les grands organismes structurants (DDRASS et DDASS, ARH, URCAM, AM). Elles ont immédiatement engagé une réflexion sur l'approche territorialisée à l'échelon régional (révision de Plan Stratégique Régional de Santé, réflexions sur les territoires de proximité, etc.)

Concernant les responsabilités sur les préoccupations liées aux expositions environnementales collectives, nous avons montré qu'elles n'existaient pas réellement en dehors de la veille, ou plus exactement de signalements sanitaires engageant une procédure prioritaire. L'échelon régional est désormais confirmé comme l'échelle de gestion de la santé.

Cette territorialisation conduit les ARS à des actions visant prioritairement à réduire les inégalités géographiques pour l'accès aux soins, et elles doivent pour cela raisonner comme un gestionnaire territorial, en capitalisant des connaissances, en réalisant des diagnostics territoriaux et en mettant en place des actions en adéquation avec la lecture géo-sanitaire de son territoire.

L'organisation de la santé à l'échelle de la région, du département, du Pays, ou même de la communauté de communes recouvre un nombre important d'organismes et de dispositifs dont les liens ne sont pas toujours bien identifiés et faciles à repérer. La santé est une préoccupation majeure de la population, tant en matière de santé individuelle, que d'accès aux structures de soins. Les élus, les acteurs locaux, les animateurs territoriaux ont pris conscience de l'importance des interrogations de la population sur les questions de santé publique de leur territoire (IAAT, 2010).

De par leur fonction stratégique d'animation et de coordination territoriale, les acteurs de la Santé Publique sont le relais essentiel entre les préoccupations, les besoins de la population et les orientations des politiques publiques. Les collectivités territoriales et les intercommunalités n'ont que des compétences très limitées en termes de santé. Les communes peuvent avoir des actions d'aide sociale de proximité (services communaux d'Action Sociale, services et projets autour du portage de repas, d'aide ménagère, de projets de prévention et éducation santé, etc.). Elles sont généralement complémentaires de celles du Conseil Général qui est probablement la collectivité la plus reconnue en la matière (protection sanitaire de la famille et de l'enfance, aide sociale à l'enfance, prise en charge des personnes handicapées, prise en charge des personnes âgées, insertion sociale et professionnelle). Pour le Conseil Régional, ses possibilités d'interventions dans le domaine de la santé ont été consolidées par la loi du 13 août 2004¹⁶⁴ (possibilité de participer à titre expérimental au financement et à la réalisation d'équipements sanitaires par exemple).

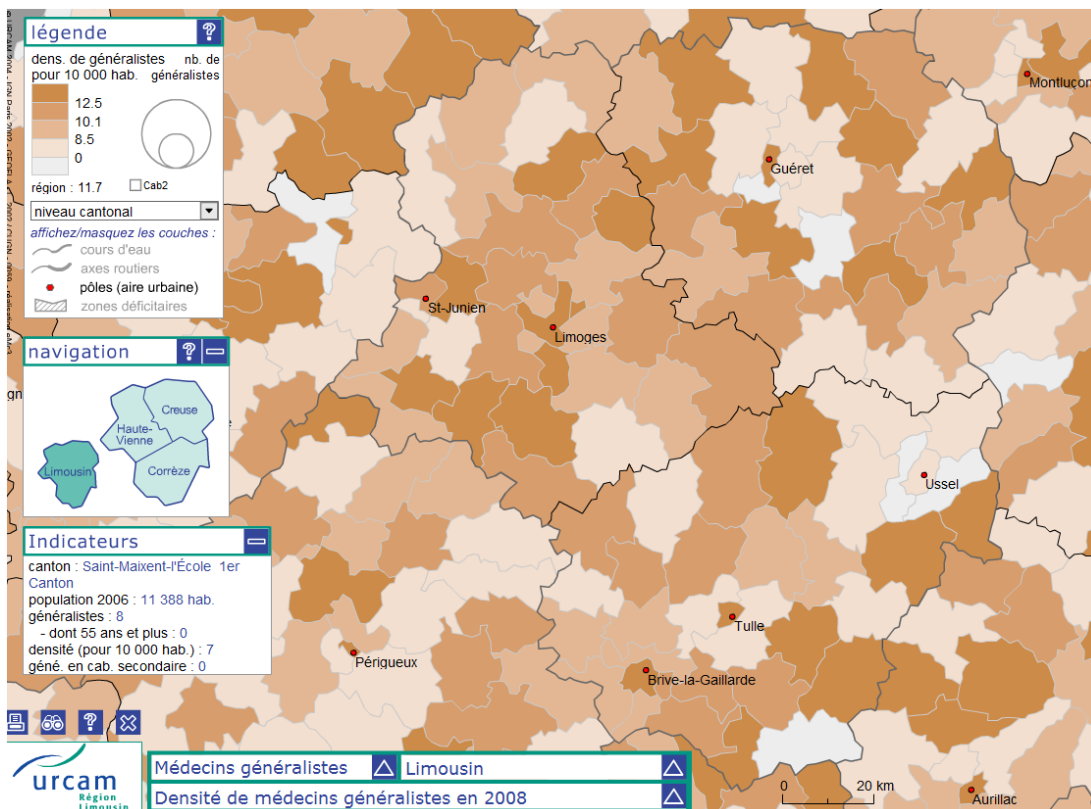
Au final, et bien que la santé ne constitue pas une compétence obligatoire des intercommunalités telle que définie dans la loi Chevènement du 12 juillet 1999¹⁶⁵, ce sont les projets intercommunaux qui sont les plus nombreux : les Pays notamment, initient (ou

¹⁶⁴ Loi relative aux libertés et responsabilités locales du 13 août 2004.

¹⁶⁵ Loi relative au renforcement et à la simplification de la coopération intercommunale dite loi Chevènement du 12 juillet 1999.

participent) à des réflexions et projets en matière de santé en concertation avec les professionnels (en proposant des locaux pour l'installation des professions médicales libérales par exemple). Ces implications des acteurs territoriaux permettent de faire l'état des lieux des acteurs de la santé et du social, de l'offre de soins et de ses évolutions, d'agir en faveur du maintien à domicile, à mettre en place des CLIC¹⁶⁶, à diffuser de l'information de prévention à destination des jeunes, à cofinancer des projets, etc.

L'ARS s'inscrit donc comme l'organisme en charge de coordonner les activités de gestion et de prévention liées à la santé. Ses actions à l'égard des autres collectivités territoriales (cofinancements, appui aux projets, etc.) s'apparenteront aux actions déjà initiées par le Conseil Régional comme dans l'exemple de la mise en place des *Maisons de Santé*. D'un point de vue de l'accompagnement social et financier des administrés, la compétence est assurée par la présence des personnels des anciens organismes tels que l'URCAM et DDASS. A ce titre, ces organismes assurant l'accès aux soins ont une culture géomatique certaine et déjà éprouvée.



Source : site internet de l'ARS Limousin

Figure 97 : Géoportail Carto@Santé permettant la mise en ligne des principaux indicateurs de l'URCAM Limousin, à destination du grand public et des professionnels de santé

¹⁶⁶ CLIC : Centre Locaux d'Information et de Coordination gérontologique

L'application Carto@Santé (figure 97) est un SIG en ligne permettant de produire, à partir d'une liste déroulante, des cartes interactives. Exploitant les données de l'URCAM (donc de l'ARS aujourd'hui), ce géoportail propose des représentations principalement centrées sur la démographie médicale (attractivité et accessibilité des médecins, densité des médecins généralistes, consommations d'actes des soins en 2008, etc.),

Observatoires Régionaux de Santé et diagnostics territoriaux pour les ARS

Lors d'un entretien avec le directeur du *Département de la stratégie*¹⁶⁷ et avec la responsable du service *Données et statistiques*¹⁶⁸ de l'ARS en juillet 2010, nous avons pu identifier l'organisme en charge des diagnostics territoriaux afférents aux problématiques de santé ; c'est celui que l'URCAM sollicitait et que l'ARS continuera de solliciter : l'ORS.

Les Observatoires Régionaux de la Santé existent dans toutes les régions françaises. Ces associations de type *loi 1901* constituent un réseau, dont le Congrès National annuel 2010 est intitulé *Territoires et santé des populations*. Si nous insistons sur cette structure régionale, c'est qu'elle est la seule qui, dans le riche diaporama d'acteurs présenté précédemment, *exerce une mission d'observation de l'état de santé des populations et d'aide à la décision* (IAAT, 2010).

Nous avons rencontré Olivier Da Silva¹⁶⁹ qui assure la réalisation de ces diagnostics territoriaux. L'ORS en réalise deux par an à l'échelle d'un territoire de santé¹⁷⁰ sur les 12 que compte le Limousin (soit 6 années pour obtenir les 12 diagnostics de la région). Cette tâche a été confiée à l'ORS en 2007 par le Groupement Régional de Santé Publique (GRSP) afin *de mieux cerner les besoins locaux (...) et d'évaluer à l'échelon de chaque territoire les politiques de santé publique mises en œuvre* (ORS-ARS Limousin, 2010). Les documents élaborés (environ 90 pages) sont systématiquement organisés en deux parties. D'abord, un diagnostic quantifié basé sur la présentation de 70 indicateurs sociodémographiques, sanitaires et sur l'offre de soins est présenté au moyen d'environ 40 cartes et 60 graphiques qui réalisent systématiquement des comparaisons avec les chiffres départementaux, régionaux et nationaux. La seconde partie est une enquête par questionnaires auprès des principaux

¹⁶⁷ Mr Laleu, anciennement en poste à la DRASS

¹⁶⁸ Marina Chambre, anciennement en poste à l'URCAM

¹⁶⁹ Olivier Da Silva est géographe et occupe un poste d'ingénieur sanitaire à l'ORS Limousin

¹⁷⁰ La définition est ici celle défini par le SROS3, c'est-à-dire centré sur les pôles hospitaliers de proximité

acteurs (professionnels de la santé, des structures médicosociales, des élus, etc.¹⁷¹). Les résultats sont présentés sous la forme d'un recueil de formulaires dont les synthèses font état de la perception sur l'offre de soins et de ses évolutions, sur la prévention, et sur les ressources libérales et hospitalières. L'objectif est de dégager des priorités et d'identifier les pistes d'actions selon les besoins exprimés par les acteurs locaux. Ces diagnostics territoriaux sont adressés à l'ARS sur une fréquence semestrielle, et une synthèse des résultats est transmise aux acteurs de santé publique du territoire concerné.

Lors de notre entretien avec l'auteur de ces diagnostics, il confiait regretter l'absence d'approches sur le thème de l'environnement (au sens *expositions collectives*). Cependant, il répond d'abord aux sollicitations du GRSP et des différents acteurs aujourd'hui au sein de l'ARS, sous forme de prestations. Pour assurer une cohérence dans les productions de rapports publiés à fréquence régulière, les bases de données utilisées sont les référentiels également utilisés à l'ARS : Finess (Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux), Adeli (référentiel de l'activité libérale, 930 médecins recensés dans la région), le CepiDC (fichier national des causes de décès, Inserm), etc. Il dispose d'un accès facilité à ces données généralement fournies par l'organisme commanditaire du diagnostic. L'activité se diversifie parfois par des enquêtes sur la santé au Travail (demandée par l'InVs) par exemple.




Une étude a particulièrement attiré notre attention : en mars 2007, l'ORS à la demande de la DRASS du Limousin, publiait une étude intitulée : *Les inégalités socio-sanitaires en Limousin, une analyse multidimensionnelle à l'échelon des cantons et des territoires de santé* (ORS, DRASS Limousin, 2007). La dimension remarquable de cette étude est qu'elle s'appuie sur une analyse multivariée (ACP) pour dresser une typologie des cantons à partir de 20 indicateurs sociodémographiques, de 14 indicateurs sur l'offre de soins et l'offre médicosociale, et 17 taux comparatifs de mortalité.

La figure 98 est la carte de synthèse issue de cette étude et à partir de laquelle s'est disséminée une connaissance aujourd'hui partagée par l'ensemble des acteurs de la santé en Limousin¹⁷² : une diagonale séparant des territoires défavorisés au nord-est et des territoires favorisés au sud-ouest.




¹⁷¹ Par exemple 171 personnes enquêtées dans celui consacré au territoire Haut Limousin (mai 2010).

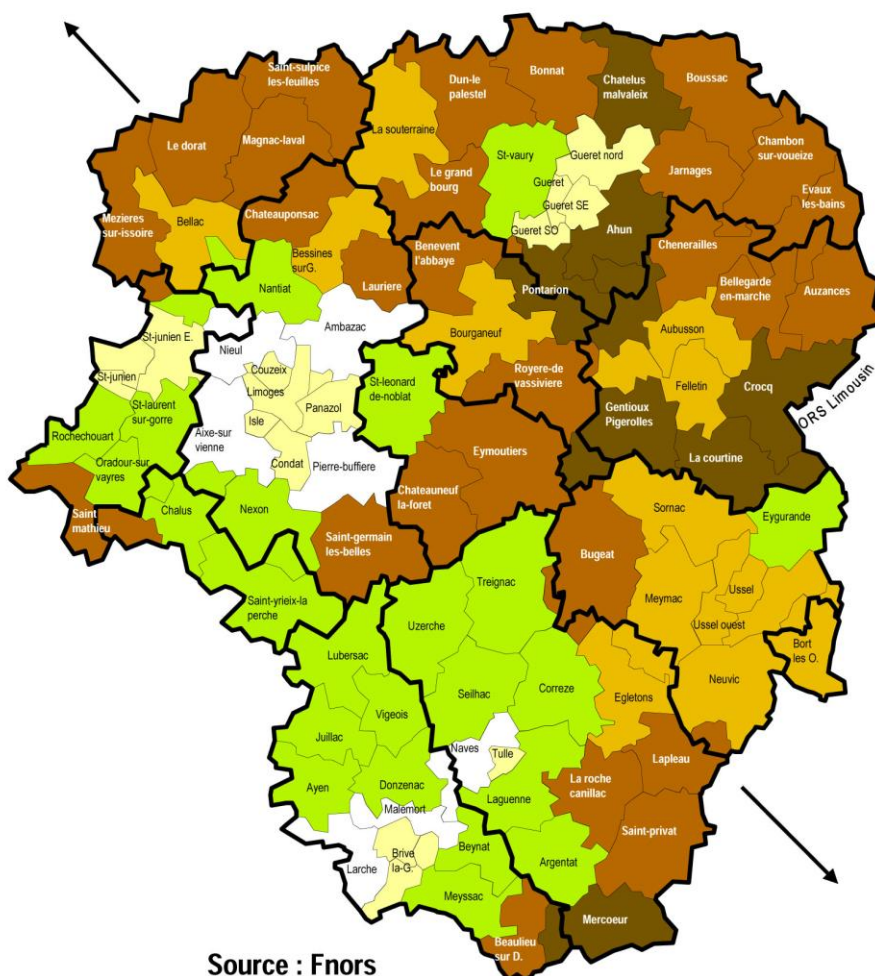
¹⁷² Ce propos était connu et tenu par l'ensemble de nos interlocuteurs locaux (RGCL, ARS, Conseil Régional, etc.), mais cette connaissance échappait aux acteurs nationaux (InVs, IRSN).

Cantons plutôt défavorisés

-  D1 : Des cantons âgés, peu peuplés et très agricoles. De faibles revenus. Une mortalité générale importante mais pas de surmortalité prématurée
-  D2 : Des cantons âgés, peu peuplés et très agricoles. De faibles revenus. Une mortalité générale légèrement supérieure à la moyenne mais une forte mortalité prématurée
-  D3 : Petites villes ou bourgs. Forte proportion d'ouvriers et d'employés. Chômage plus élevé. Une surmortalité générale et prématurée

Cantons plutôt favorisés

-  D4 : Cantons à dominante rurale, relativement favorisés, taux de chômage et de RMI faibles Offre de soins satisfaisante. Mortalité générale et prématurée inférieures à la moyenne
-  D5 : Cantons urbains. Population relativement jeune. Forte proportion de cadres et d'employés. Offre de soins satisfaisante. Faible mortalité générale.
-  D6 : Cantons péri-urbains. Revenus élevés, population relativement jeune, cadres et employés. Faible mortalité générale et surtout faible mortalité prématurée



Source : Fnors
Exploitation et cartographie : ORS du Limousin - 2007

Figure 98 : Analyse multidimensionnelle des inégalités socio-sanitaires par canton en Limousin

Cet exemple d'analyse multidimensionnelle montre que les représentations spatiales sont déjà intégrées parmi les outils de communication auprès des acteurs de Santé Publique. Celles traitant d'agréats spatiaux et de facteurs environnementaux devraient donc pouvoir être un message audible.

Perspectives d'un cycle de gestion territoriale de la santé en région

La mission de diagnostics territoriaux sur le thème de la santé en Limousin est donc déjà efficacement assurée par l'ORS. Les pratiques sont cependant éloignées des méthodes que nous proposons. L'ORS s'appuie sur 100 indicateurs préconisés par le Ministère de la Santé pour réaliser ses études. Olivier Da Silva nous a confié le sentiment *d'être dans un circuit fermé, consistant trop souvent à remplir une grille d'indicateurs préétablie*.

De notre côté, nous avons insisté (ainsi qu'auprès du service *Données et statistiques* de l'ARS) sur les sources d'informations sanitaires utilisées dans les diagnostics : c'est exclusivement le CépiDC de l'Inserm (seul registre national d'enregistrement continu des causes des décès). L'état de santé des populations est donc systématiquement traité sur des taux de mortalité, et par cause de décès. Un raisonnement sur l'incidence des pathologies (et donc sur la morbidité) serait bien plus logique dans une approche de prévention. Pour cela, il existe de nombreux réseaux d'enregistrements de cas incidents en Limousin : Oncolim (cancérologie en Limousin), Hematolim, DIABLIM, etc. Ces centres généralistes ou spécialisés constituent des sources d'enregistrements des cas incidents¹⁷³, majoritairement pour assurer une prise en charge thérapeutique spécifique. Les TIG ne sont pas présents dans les pratiques professionnelles de ces réseaux fortement ancrés dans le domaine clinique, mais comme nous l'avons vu dans cette partie, ils produisent des données fiables sur les spécificités infrarégionales.

Globalement, la connaissance de l'état de santé des populations à l'échelle infrarégionale n'est pas (encore) une composante prioritaire de la gestion territoriale afférente à la Santé Publique en région. Ceux qui détiennent l'information localement (les réseaux permettant l'enregistrement des cas incidents) ne sont pas véritablement intégrés au jeu d'acteurs locaux, et l'exploitation de leurs bases de données consiste principalement à les transmettre à un réseau national de surveillance sanitaire pour les estimations métropolitaines, tandis que les approches scientifiques conduites localement restent destinées aux revues spécialisées de publications scientifiques.

¹⁷³ La communication auprès des partenaires serait faite sur la morbidité plutôt que sur la mortalité

Les résultats des problématiques afférentes aux phénomènes épidémiologiques (notamment ceux observables sur des temps longs) doivent être valorisés, en passant des mains des chercheurs en géo-épidémiologie aux cadres de concertation des acteurs territoriaux de la Santé Publique (ARS, ORS, et pourquoi pas les collectivités territoriales). Cette évolution est-elle envisageable ? L'intégration de problématiques traitant de l'hétérogénéité spatiale des phénomènes d'incidence à l'échelle infrarégionale, peut-elle contribuer positivement aux nouvelles orientations du schéma régional de santé publique ? Nous terminons cette partie sur un schéma théorique (et considéré de notre part comme optimal) de la gestion territoriale spécifique à la santé en région (figure 99).

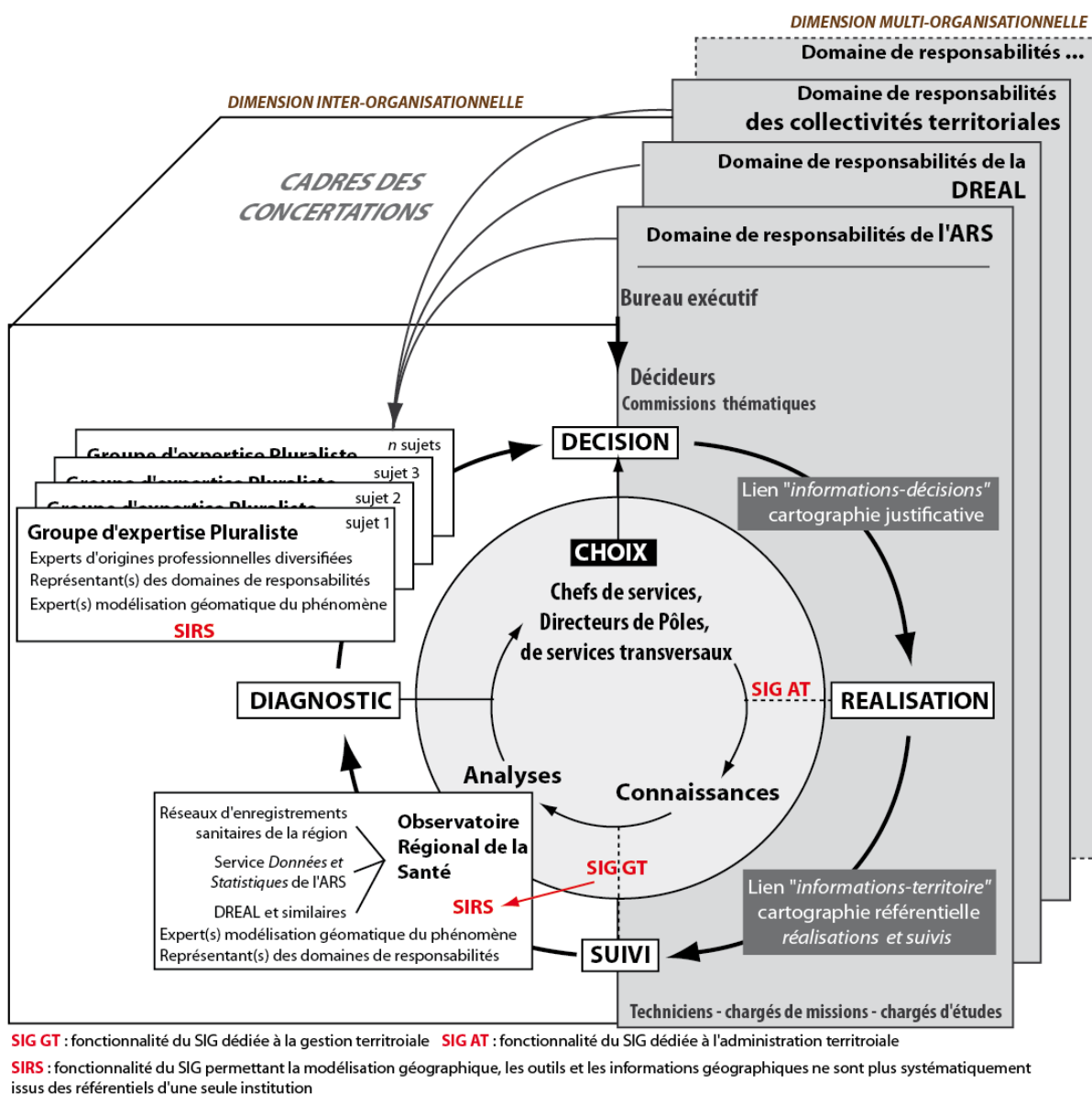


Figure 99 : Contribution des TIG dans le cycle de gestion territoriale théorique de la Santé à l'échelle régionale

Cette fois, nous avons raisonné le cycle de la gestion sur une compétence territoriale (la santé), et non à l'échelle d'une organisation. Ainsi, le cycle s'inscrit dans une dimension multi-organisationnelle (à droite de la figure 99), où les organisations sont interconnectées dans un cadre de concertations inter-organisationnel (à gauche) qui serait, dans le cas de la santé, orienté par la Conférence Régionale de Santé et la Mission Régionale de Santé (CRS et MRS, deux « lieux » régionaux de concertations (IAAT,2006)), et mise en œuvre par le Groupement Régional de Santé Publique (le GRSP, qui a déjà mandaté l'ORS pour la réalisation des diagnostics territoriaux depuis 2007).

Les organisations concernées peuvent être regroupées en trois catégories : tout d'abord l'ARS pour ses actions de préventions et d'accès aux soins, mais également les organismes en charge de la gestion de l'environnement comme la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement sur les sujets tels que l'habitat indigne, la reconversion de sites industriels, etc.), et enfin les collectivités territoriales dont les actions se trouvent à l'interface des deux citées précédemment (et dont les missions risquent fortement d'évoluer dans la prochaine décennie).

Chacune de ces organisations dispose déjà d'un Système d'Information Géographique permettant d'accompagner les *réalisations* et le *suivi* de leurs actions dans le territoire (SIG AT et SIG GT : administration et gestion territoriale). A ce titre, elles exploitent d'ores et déjà les principes d'une cartographie justificative et d'une cartographie référentielle dans leurs compétences respectives.

La phase *diagnostic*, sur un sujet aussi complexe que la santé et notamment si l'on souhaite prendre en compte les expositions environnementales collectives, se situe obligatoirement dans une concertation inter-organisationnelle. En amont des diagnostics, nous retrouvons l'ORS comme référent méthodologique pour mener les analyses territoriales. Une collaboration avec les systèmes de surveillance sanitaire installés dans la région serait souhaitable, ainsi qu'avec la DREAL. L'ORS devrait alors acquérir les compétences d'analyses spatiales (à ce jour, le logiciel SIG installé à l'ORS ne sert qu'à représenter spatialement des résultats saisis indépendamment dans une feuille de données d'un tableur bureautique).

Les TIG jouent alors le rôle d'interopérabilité d'informations « métiers » d'origines très différentes. Un travail important de normalisation des données et de formalisation des représentations spatiales est indispensable. Il serait également souhaitable qu'un représentant des organisations concernées (de préférence un chef de services ou un directeur de Pôles) puisse participer aux échanges et à l'analyse critique des résultats. L'objectif est d'abord de produire des diagnostics partagés sur les inégalités géographiques à l'échelle régionale.

Enfin, nous préconisons la mise en place de Groupe d'Expertise Pluraliste (GEP) à l'image de ceux présentés dans les deux chapitres de cette seconde partie. Comme pour les diagnostics généralistes conduits par l'ORS, les GEP seraient accompagnés par des représentants institutionnels (chefs de services et de Pôles transversaux) et par une compétence géomatique capable d'établir une plateforme commune (tant sur le plan des données à références spatiales que sur l'animation des discussions relatives aux différentes lectures des inégalités géographiques). Ces Groupes d'Expertise Pluraliste visent à produire une valeur informationnelle utile aux décisions de plusieurs gestionnaires du territoire (dimension multi-organisationnelle), et pourraient être sollicités par la Conférence Régionale de Santé Autonome et impulsés par le Groupement Régional de Santé Publique, soit respectivement par une instance de concertation démocratique (CRSA, 94 membres en Limousin) et une instance décisionnelle représentatives des préoccupations territoriales (GSRP, en cours de reconstitution par l'ARS).

Cette vision théorique d'une gestion territoriale inter-organisationnelle sur la santé en région (qui conclut cette seconde partie) est également le point de vue que nous avons présenté dans les groupes de travail organisés par l'ARS à l'occasion de la mise en place de son nouveau Plan Stratégique Régional de Santé (de septembre à décembre 2010).

**BILANS ET PERSPECTIVES D'UNE GEOGRAPHIE
DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE AU SERVICE
DES TERRITOIRES**

*Du rétrospectif au prospectif, bilan d'une
technoscience d'utilité sociale pour la gestion et le
développement des territoires*

« Si l'analyse spatiale permet de décrire ces phénomènes agrégés par des processus macroscopiques simples, l'un des enjeux de la géographie artificielle est de proposer une explication de ces phénomènes par une description locale des processus » (Systèmes Multi-Agents (SMA) pour la simulation en géographie : vers une Géographie Artificielle, Daudé, 2005)

Sommaire du chapitre VI

BILANS ET PERSPECTIVES D'UNE GEOGRAPHIE DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE AU SERVICE DES TERRITOIRES

*Du rétrospectif au prospectif, essai géographique d'une technoscience d'utilité
sociale pour la gestion et le développement des territoires*

Introduction du chapitre VI	419
I. La relation SIG–Territoire : entre gestion et concertation territoriale, du mono à l'inter-organisationnelle.....	420
A. Le SIG d'organisation	421
1. SIG AT et SIG GT, géoportail et homogénéisation des pratiques géomatiques.....	421
2. SIRS et interopérabilité inter-organisationnelle.....	425
B. Les TIG, plateforme des concertations pour une gestion territoriale multi-organisationnelle	425
1. TIG et participation : les leviers d'actions de la gestion territoriale	425
2. Le cycle de la gestion territoriale multi-organisationnelle : un enjeu d'intérêt collectif pour la décennie 2010	426
II. Bilan et perspectives à l'attention des acteurs territoriaux.....	431
A. Evolution des paramètres socioprofessionnels dans le fonctionnement des SIG	432
1. Les profils géomatiques dans les métiers de la gestion territoriale	432
2. Conflits au sein de l'organisation pendant la construction sociale du SIG,... puis place à la collaboration ?	435
B. Une technoscience inter-organisationnelle qui bouscule les principes de la gouvernance territoriale.....	437
1. Concept de communautés de pratiques en géomatique	438
2. Fil conducteur pour la conduite d'un diagnostic territorial concerté.....	441
Conclusion du chapitre VI.....	445

Introduction du chapitre VI

Le succès de l'intégration de la géomatique dans les collectivités territoriales et les intercommunalités est en grande partie lié aux besoins de ces organisations d'appréhender les géodynamiques en cours dans le but d'assurer un nombre important de compétences territoriales transférées (ou initiées) à l'échelle régionale et infrarégionale. Depuis les années 1990, les TIG optimisent les actions d'administration et de gestion territoriales et se sont ainsi formalisées dans les organisations en adéquation avec les besoins exprimés pour l'exercice des compétences territoriales et les moyens dédiés (humains, matériels et financiers).

Concernant l'accompagnement au quotidien des missions de la collectivité (coordination et communication intra et inter-organisationnelle), le bilan contributif de la géomatique est globalement positif mais il est bien plus mitigé sur les aspects spécifiques liés aux prises de décisions. La conclusion de la première partie insiste notamment sur un « maillon défectueux » du cycle de la gestion territoriale : l'absence de réflexions territoriales prospectives, et donc à l'égard de notre problématique, l'absence d'une ressource géomatique facilitant la réalisation de diagnostics territoriaux approfondis permettant aux aménageurs d'en dégager différents scénarios sur lesquels les décideurs s'appuieraient. De ce point de vue, les innovations au sein d'une organisation ont plutôt été dans le sens d'une sécurisation des données et d'une homogénéisation des pratiques par le développement d'interfaces « fermées » laissant peu de place aux initiatives analytiques.

En 2010, la géomatique optimise donc les pratiques professionnelles des principaux acteurs de la gestion territoriale, mais elle doit encore « fermer la boucle du *cycle* », c'est-à-dire être en mesure de produire des diagnostics territoriaux sur des compétences déjà assurées depuis plusieurs années, d'identifier des inégalités et des déséquilibres infrarégionaux à l'égard des géodynamiques en cours, pour finalement contribuer aux prises de décisions d'acteurs territoriaux de plus en plus avisés sur les lectures et l'usage des représentations spatiales analytiques concernant leur territoire de compétences.

La conclusion de la seconde partie offre une perspective positive de la contribution de la géomatique aux prises de décisions sur des problématiques territoriales complexes. Elle

s'adresse particulièrement aux principaux gestionnaires de l'échelon régional : à l'image des enjeux complexes liés à la santé et à l'environnement, les problématiques territoriales de demain nécessitent des réflexions territoriales transversales et multifactorielles, et dont les réponses appropriées de la gestion territoriale ne sauraient être qu'inter-organisationnelles. La géomatique assure déjà ce rôle de plateforme commune pour le partage des connaissances entre les acteurs du territoire. Elle doit aujourd'hui proposer des configurations de SIRS inter-organisationnels¹⁷⁴, permettant aux différents gestionnaires de diagnostiquer ensemble le territoire, afin de prendre des décisions cohérentes avec les géodynamiques en cours et l'ensemble des actions déjà engagées.

Ce chapitre de conclusion tente une synthèse¹⁷⁵ de ce travail de doctorat sur la géomatique. Tout d'abord, d'un point de vue des recherches appliquées, nous dressons le bilan et les perspectives de l'intégration des ressources géomatiques, dans et entre les organisations contemporaines de la gestion territoriale. Ensuite, nous resituons nos principaux résultats dans les cadres théorique et épistémologique que nous avons choisi pour traiter de la géomatique : la *Géographie de l'Information Géographique*.

I. La relation SIG–Territoire : entre gestion et concertation territoriale, du mono à l'inter-organisationnelle

Les Technologies de l'information géographique ont eu un succès certain au cours de la décennie 2000 chez les gestionnaires du territoire. Ce succès, en grande partie dû aux potentialités d'une *cartographie justificative* et à la mise en place de *cartographies référentielles* d'organisations, a conduit à une dissémination des pratiques géomatiques dans toutes les collectivités. Pour les SIG mis en place à la fin des années 1990, les missions d'administration territoriale (instructions des actions) et de gestion territoriale (suivis des actions) sont désormais formalisées dans des géoportails en accès sécurisés.

¹⁷⁴ Les processus assurant l'interopérabilité sont techniquement connus, ainsi que la part importante de la qualité de l'information géographique qui est partagée (Devillers et Jeansoulin, 2005)

¹⁷⁵ De nombreuses notes personnelles de réunions, d'entretiens et échanges avec les différents interlocuteurs (élus, chefs de services, chargés d'études, experts, etc.) des actions-recherche ont été utilisées, mais dans cette synthèse, une part relève obligatoirement des représentations de l'auteur en raison de la méthodologie participative utilisée (la recherche-actions, cf. figure 8)

Après dix années d'intégration institutionnelle progressive, la géomatique doit aujourd'hui également permettre des diagnostics territoriaux et des expertises spatio-temporelles permettant une meilleure compréhension des géodynamiques en cours et des effets des actions de chaque collectivité dans le territoire. La géomatique, devenue mature au sein des organisations, doit encore relever le défi de l'inter-organisationnel pour amplifier son efficacité dans le territoire, notamment en termes de prises de décisions politiques territorialisées.

A. Le SIG d'organisation

Dans le chapitre introductif de ce travail, nous avons précisé trois sigles concernant les fonctionnalités d'un SIG : la fonctionnalité dédiée à l'Administration Territoriale (SIG AT), la fonctionnalité dédiée à la Gestion Territoriale (SIG GT), et enfin la fonctionnalité d'analyses spatiales sortant des tâches quotidiennes et de la base de données référentielle (SIRS). Les deux premières ont su trouver leurs places au sein des organisations, tandis que la troisième (conduisant aux diagnostics territoriaux) reste plus difficile à mettre en œuvre car pour être optimale, elle oblige généralement à une démarche inter-organisationnelle.

1. SIG AT et SIG GT, géoportail et homogénéisation des pratiques géomatiques

Nous l'avons constaté à de multiples reprises dans ce travail, la géomatique s'est disséminée de façon fulgurante dans les organisations, notamment dans la seconde moitié de la décennie 2000. Les géoportails ont amplement facilité cette évolution. Dans un premier temps, ils ont visé une communication vers un large public (ce qui conduit certains auteurs à classer les géoportails dans les TIC, les Technologies de l'Information et de la Communication). Mais ces interfaces de consultations ont rapidement présenté des connexions sécurisées et des développements à l'attention des agents de l'organisation, leur permettant de dresser les inventaires des entités géographiques « métiers », interopérables avec les bases de données statistiques nationales et les autres référentiels géographiques déjà présents dans le SIG. Les modules de requêtes spatiales et attributaires permettent également aux agents techniques d'interroger le système. Malgré cela, les pratiques professionnelles restent majoritairement orientées sur la consultation et l'édition.

D'un point de vue de l'institution, les avancées ont été considérables. Le premier avantage est celui des ressources humaines, car dans presque toutes les organisations dotées d'un SIG avec lesquelles nous avons eu des échanges, un seul référent est en charge de l'administration du SIG et de son déploiement¹⁷⁶. Généralement sur un profil de géomaticien plus proche de l'informatique que de la géographie, ce référent assure un accès facilité aux informations géographiques par une interface généraliste à l'attention de l'ensemble des services. L'Infrastructure de Données Spatiales et les informations alphanumériques géocodables sont critiquées et validées avant d'être intégrées sous conditions d'une homogénéité de la source sur l'ensemble du territoire, et d'une information utile à la majorité des services techniques. Cette logique d'adéquation entre les ressources du SIG (un référent et un géoportail pour un service rendu dans tous les services techniques) est observable quelle que soit la taille de la collectivité. Le second avantage pour l'organisation est incontestablement une homogénéité des pratiques et des productions cartographiques, et surtout un recours à des informations communes, actualisées et référentielles pour l'ensemble des services techniques.

D'un point de vue des pratiques individuelles, l'avantage du géoportail présente un revers de médaille. En effet, les techniciens, chargés de mission ou chargés d'étude n'ont généralement besoin que d'une demi-journée de formation pour maîtriser l'interface généraliste. Rapidement, ils disposent d'un outil leur permettant de produire des représentations spatiales sur la distribution des équipements, sur l'actualité des actions en cours, etc. Selon les compétences territoriales des collectivités, ces interfaces peuvent être déclinées en interfaces « métiers » permettant d'instruire les dossiers (comme les avis sur un Certificat d'Urbanisme ou les autorisations de branchements au réseau collectif d'assainissement à la Communauté d'Agglomération de Brive). Dès lors qu'il s'agit d'effectuer les tâches courantes et de s'informer sur les actions en cours, soit d'administrer les actions dans le territoire et d'assurer un suivi de ces dernières (premiers principes de la gestion territoriale), les SIG d'organisations sont aujourd'hui formalisés et efficaces.

¹⁷⁶ A l'exception des grandes municipalités, et parmi les collectivités supracommunales, le Conseil Régional Rhône-Alpes fait exception car il a choisi de mettre en place un service SIG d'importance doté de trois personnes à temps plein.

Cependant, la gestion territoriale suppose également de réaliser périodiquement des diagnostics territoriaux afin d'apprécier les effets des actions conduites, d'identifier les déséquilibres territoriaux potentiels, et par conséquent de réorienter sa politique, ou tout du moins les actions futures qui la matérialisent. Ces questionnements demandent une mise en œuvre géomatique que les géoportails, souvent très formatés pour limiter les erreurs de manipulations, ne permettent pas.

2. SIRS et interopérabilité inter-organisationnelle

Généralement, les responsables SIG d'une collectivité ont mis en place un réseau de référents géomatiques¹⁷⁷ (un par service technique) dans l'objectif d'avoir un seul interlocuteur pour l'expression des besoins du service et pour assurer la diffusion des connaissances sur les référentiels mis à disposition. Le profil de ce référent, généralement volontaire, est un chargé de mission (ou d'étude) utilisateur des TIG dans ses pratiques professionnelles. Pendant la première moitié des années 2000, ils ont activement participé à la mise en place de bases de données « métiers » exhaustives, difficilement actualisables et qui, pour la plupart ne sont plus utilisées. Ces référents disposaient d'une installation SIG en poste autonome permettant de réaliser des analyses spatiales indispensables à la réalisation de diagnostics territoriaux. Cette installation en poste autonome est un bon indicateur du niveau de la fonctionnalité SIRS (Système d'Informations à Références Spatiales) qui consiste justement à sortir du cadre référentiel du SIG de l'organisation.

Dans les premières pages de ce travail, et notamment au moment de poser la problématique, cette fonctionnalité SIRS trouvait difficilement sa place dans les schémas théoriques. A ce stade de la réflexion, la présence du sigle SIRS laissait supposer une absence de structuration et d'appropriation de la technologie dans les pratiques professionnelles des agents de la collectivité. De même, lorsque nous avons théorisé la place du SIG dans le cycle de la gestion territoriale (cf. figure 6, page 50), la fonctionnalité SIRS n'était pas présente. Mais d'ores et

¹⁷⁷ Ce principe a été observé dans les collectivités et intercommunalités présentées dans ce travail, mais également dans de nombreux autres organismes avec lesquels nous avons collaboré au cours de la décennie 2000.

déjà, il existait un questionnement quant aux moyens disponibles pour la réalisation des diagnostics territoriaux facilitant les prises de décisions.

La fonctionnalité SIRS représente donc les capacités du SIG à réaliser un diagnostic territorial au-delà du suivi des actions de la collectivité, dans une approche plus globale, encore appelée multifactorielle. De ce fait, les analyses spatiales à conduire impliquent systématiquement le recours à des informations géographiques issues des référentiels nationaux (à minima comme dans le cas de l'étude sur les néo-arrivants en Limousin), et le plus souvent des informations spécifiques mobilisables uniquement grâce à des partenariats (à l'image des comptages SNCF dans le diagnostic de la fréquentation des TER). Chaque organisation reconnaît la nécessité de conduire des diagnostics à fréquence régulière et qui dépassent le cadre de leurs actions, mais cette évidence est finalement rarement observée, et lorsque c'est le cas, la mission est généralement confiée à un organisme extérieur.

Une organisation doit-elle conduire ces diagnostics territoriaux en interne, les externaliser à un prestataire, ou bien encore organiser des concertations multi-organisationnelles ? Nos actions-recherche ont montré que lorsque la prestation est externalisée, les bases de données constituées n'étaient pas systématiquement rendues interopérables avec le SIG du commanditaire (cette interopérabilité est systématiquement ignorée si le cahier des charges ne le précise pas). Selon nos observations au cours de cette recherche-actions, les résultats des diagnostics traitent assez peu de l'efficacité des actions conduites à partir d'informations du SIG, et au final, les informations analytiques produites au cours du diagnostic (et pertinentes ensuite pour les *réalisations* et le *suivi* à grande échelle) ne sont pas non plus intégrées au SIG. Ces diagnostics externalisés permettent surtout la production de représentations spatiales de synthèse, accumulées et assimilées par les décideurs techniques (chefs de services et directeurs de pôles transversaux).

Enfin, quant à réaliser ces diagnostics en interne, nous avons pu constater que les agents techniques ne disposaient ni du temps nécessaire, ni des compétences techniques, et parfois même d'une vision trop restrictive de l'objet d'étude dans sa dimension territoriale.

Donc si la gestion et l'administration territoriale semblent aujourd'hui être formalisées dans des géoportails opérationnels et efficaces, il est incontestable que les diagnostics territoriaux

permettant une actualisation des connaissances sur le territoire doivent être conduits en concertation avec les autres acteurs territoriaux impliqués. La fonctionnalité SIRS vise donc l'interopérabilité entre les bases de données des différents acteurs, l'intégration d'autres sources d'informations, et la conduite d'analyses spatiales concertées permettant d'aboutir à la production d'informations géographiques utiles et pertinentes pour chaque gestionnaire d'un même territoire.

B. Les TIG, plateforme des concertations pour une gestion territoriale multi-organisationnelle

L'effet « nouvelles technologies » qui dominait au début des années 2000 et qui avait de fortes implications sur les perceptions spatiales des acteurs territoriaux est à peine prégnant en 2010. Nous avons senti l'estompement de cet effet dans les actions-recherche conduites en 2008 et 2009, à l'égard de celles réalisées jusqu'en 2005. Dans les différents groupes de travail (mélangeant chargés de mission, experts, élus, etc.), les acteurs étaient tous familiarisés avec la lecture des représentations spatiales d'un territoire. La plupart d'entre eux exerçaient professionnellement dans un organisme (institut, collectivité, laboratoire de recherche) doté d'un SIG pour les gestionnaires des territoires et coutumiers des TIG pour les autres. Ce fut souvent un avantage, surtout lorsque les concertations conduisaient à des avis divergents, et que les cartes permettaient à chacun d'exprimer son point de vue sur un support rapidement compris par les autres.

1. TIG et participation : les leviers d'actions de la gestion territoriale

Dans ce doctorat, nous avons présenté plusieurs actions-recherches s'appuyant sur un système participatif (cf. figure 6, page 50) dans la réalisation de diagnostics territoriaux avec des groupes d'acteurs très différents. Globalement, nous pouvons retenir deux cadres de concertations distincts. Le premier, mono-organisationnel, présente plusieurs combinaisons possibles associant les techniciens, les chargés de mission, les chefs de services, et/ou les élus d'une même collectivité. Le second est un groupe de travail pluridisciplinaire et multi-organisationnel dont l'appellation choisie dans le chapitre IV est tout à fait pertinente : le Groupe d'Expertise Pluraliste.

Dans cette recherche-actions, le système participatif que nous mettions en place visait en premier lieu l'appréciation des pratiques géomatiques et l'usage des représentations spatiales produites dans le cadre d'un diagnostic territorial et donc dans les perspectives d'une aide à la décision. Nos actions-recherche ont largement dépassé les questionnements sur l'usage des TIG, et les systèmes participatifs que nous initiions au début des années 2000 (difficiles à mettre en œuvre compte tenu de la diversité de la culture géomatique) ont aujourd'hui progressé dans les pratiques professionnelles des gestionnaires des territoires. La compréhension d'un espace géographique par les différents acteurs de la gestion territoriale s'acquiert grâce à la conduite de toutes sortes de projets guidés par des visions territoriales fortement marquées (Major et Golay, 2004) ; et ce fut particulièrement le cas depuis le début des années 2000. Cet acquis progressif de savoirs (la connaissance partagée du territoire) se prolonge ainsi dans des acquis de « savoir-faire » professionnels (par exemple, conduire une réflexion sur la priorisation des actions en prenant en compte les inégalités et les interactions spatiales).

Aujourd'hui, les représentations spatiales (cartes, vues tridimensionnelles, etc.) sont devenues un langage accessible et compris par tous les acteurs territoriaux et à ce titre, les TIG s'inscrivent comme la technologie de coordination optimale des concertations intra et inter-organisationnelles devenues indispensables au fonctionnement des gestionnaires d'un même territoire.

2. Le cycle de la gestion territoriale multi-organisationnelle : un enjeu d'intérêt collectif pour la décennie 2010

Le cycle de la gestion territoriale (un schéma simple : une boucle fermée reliant la *décision*, la *réalisation*, le *suivi*, et le *diagnostic* – figure 6) a servi de fil conducteur à la démonstration des évolutions et des missions assignées au SIG d'une collectivité (ou ou d'une intercommunalité) au cours des années 2000. Il a également permis de dresser des perspectives organisationnelles pour répondre aux besoins des gestionnaires sur les problématiques complexes émergentes, à l'image du thème *santé et environnement*.

La figure 100 est une version prospective¹⁷⁸, où chaque organisation dispose de son SIG pour la gestion et l'administration de ses compétences territoriales, et où les questionnements sur les géodynamiques en cours et les décisions à prendre sont réfléchis dans un système multifactoriel à travers des investigations inter-organisationnelles. Sur la figure 100, nous retrouvons cette division : à droite, le cadre mono-organisationnel (et par conséquent, l'ensemble des gestionnaires d'un même territoire offre une dimension multi-organisationnelle) et à gauche, les cadres de concertations inter-organisationnels.

Comme nous l'avons précisé précédemment, l'administration et la gestion territoriales relatives aux compétences territoriales du gestionnaire sont assurées par le SIG de l'organisation (à droite, fonctionnalité SIG AT et SIG GT). Cependant, les *décisions* politiques, comme le *suivi* des actions engagées supposent une réflexion territoriale holistique, en d'autres termes, qui prenne en compte les géodynamiques induites par les actions engagées de l'organisation mais également celles conséquentes aux actions des autres gestionnaires, ainsi que celles auto-générées par les comportements des usagers du territoire concerné.

Les groupes de travail inter-organisationnels, sollicités par les sphères techniques des différents gestionnaires (dénommés *Groupe de professionnels* sur la figure 100), auraient en charge la mise en place d'un SIRS permettant d'analyser les informations provenant des bases de données des différents acteurs impliqués. Les diagnostics territoriaux réalisés par les sphères techniques visent généralement l'identification d'indicateurs territoriaux pertinents permettant d'analyser la situation, et au final, réaliser un état des lieux actualisé.

Comme nous avons pu le constater au cours de ce travail, les démarches prospectives conduites dans un cadre mono-organisationnel sont peu fréquentes. Le premier niveau de diagnostic conduit par les *Groupes de professionnels* (qui contribuent donc à la mission *d'observatoire*) mérite d'être représentatif des préoccupations territoriales de l'ensemble des gestionnaires. Le diagnostic n'en serait que plus riche, et l'efficacité des actions de chaque gestionnaire serait appréciée à l'égard de l'évolution globale du territoire.

¹⁷⁸ Schéma largement inspiré de la figure 99 préfigurant une gestion territoriale adaptée aux problématiques du thème *santé et environnement*

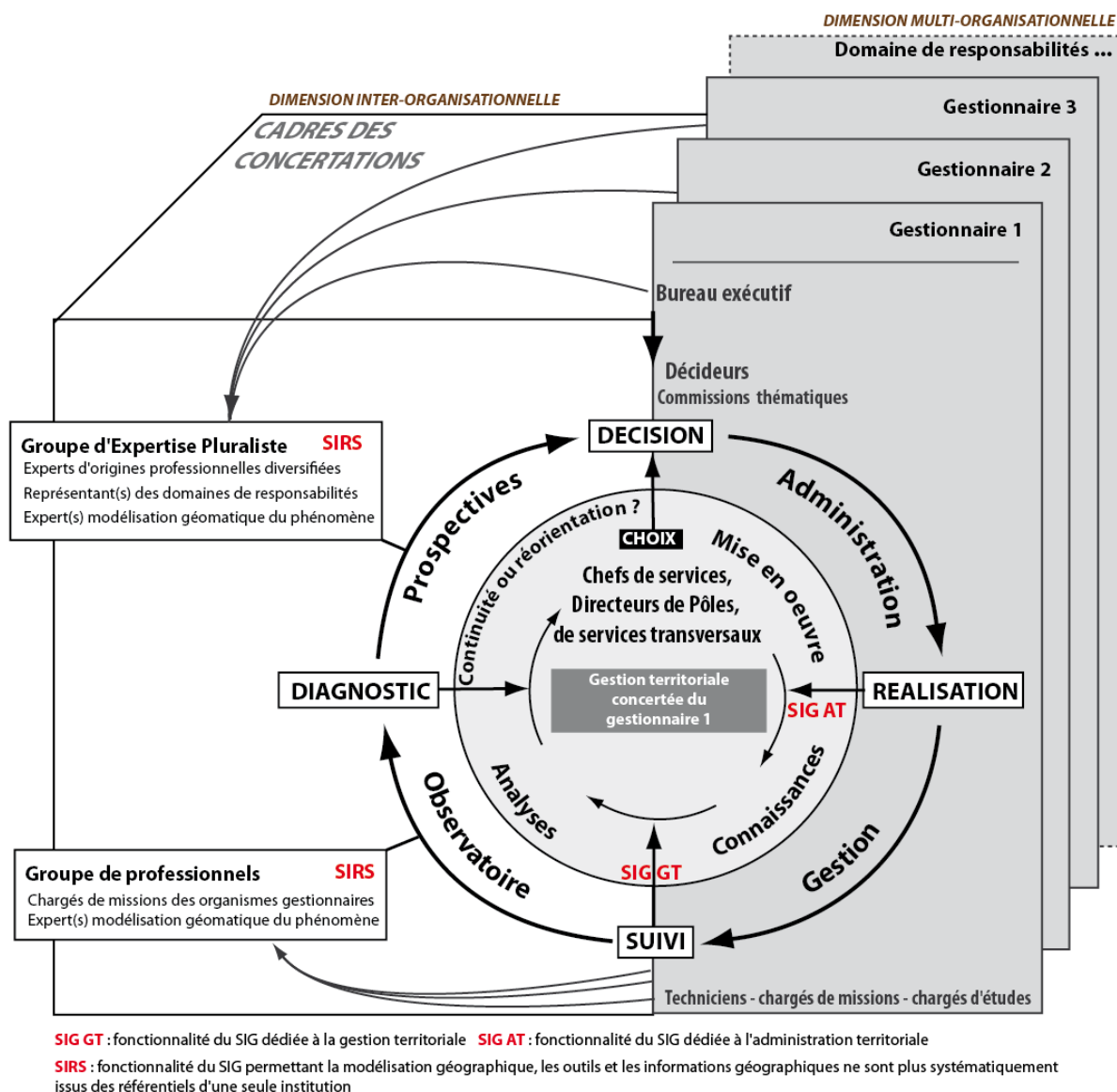


Figure 100 : Perspectives des TIG et du cycle de la gestion territoriale pour la décennie 2010

Le plus souvent, ces approches doivent d'abord identifier les « leviers d'actions » d'une politique déjà engagée. Les résultats synthétiques sont assimilés par les chefs de services et les directeurs de Pôles transversaux, qui garantissent la continuité ou la réorientation de l'action de la collectivité dans le territoire. De ce fait, ils sont des acteurs de premier plan dans la gestion territoriale : leur connaissance des sujets, empirique et variable selon leurs expériences professionnelles, ne les conduit pas systématiquement à proposer plusieurs scénarios, et une large majorité se contente de répondre strictement aux sollicitations du

bureau exécutif et à actionner les « leviers d'actions » identifiés dans les études précédemment citées.

A la fin de l'année 2009, le Conseil régional du Limousin a d'ailleurs créé une nouvelle cellule nommée *Etudes et prospectives*, installée dans un bureau mitoyen de la cellule SIG et également sous la tutelle directe de la Direction Générale des Services (dimension transversale). Cette création répond à la demande récurrente et croissante de nouveaux outils d'aide à la décision, non plus systématiquement de la part des services techniques dans le cadre des actions à conduire sur le terrain, mais également de la part des élus aujourd'hui familiarisés avec les représentations spatiales. Si accroître le potentiel d'analyses dans les organisations apparait comme une évolution positive, il ne faudrait pas que ces approches prospectives échappent à l'exigence d'une démarche pluridisciplinaire et si possible inter-organisationnelle.

En nous intéressant à l'émergence de nouvelles compétences territoriales dans la seconde partie (en prenant l'exemple de la santé en région), nous souhaitons montrer que la gestion territoriale est loin d'être immuable. De nouveaux acteurs apparaissent à différentes échelles du territoire, les problématiques posées sont de plus en plus complexes et transversales, et les réformes territoriales contemporaines consistent à transférer périodiquement un grand nombre de compétences à l'échelle locale ou régionale, quand elles ne visent pas tout simplement à reconfigurer les territoires administratifs.

Les outils et méthodes que nous avons développés dans les concertations avec les groupes d'experts auraient été difficilement concevables dans un contexte mono-organisationnel. Pour répondre à ces évolutions rapides de la gestion territoriale (nouvelles problématiques, nouveaux acteurs, nécessité d'approches systémiques, etc.), nous préconisons donc la mise en place de *Groupes d'Expertise Pluraliste*, dont la mission consisterait à fournir les méthodes adéquates pour traiter d'un sujet défini, assurer un premier diagnostic à l'attention des décideurs et assurer le transfert de « savoir-faire » vers les sphères techniques des gestionnaires (qui ensuite les mettraient en œuvre périodiquement dans la phase

observatoire). Ces seconds groupes de travail seraient sollicités par les sphères politiques et plutôt dans le cadre d'une démarche préventive ou planificatrice.

L'(es)« expert (s)» géomatique(s) qui accompagnerai(nt) les groupes de concertations de la dimension inter-organisationnelle doi(ven)t être capable de traduire les préoccupations des participants (et leurs interactions) en utilisant les bases d'informations géographiques des organisations et des référentiels géographiques connus de tous. Ils doi(ven)t ensuite modéliser les phénomènes étudiés afin d'identifier les géodynamiques sur lesquelles chaque organisation peut influencer. La progression dans ce cheminement doit être progressive et concertée à l'image de la procédure que nous avons suivie dans nos actions-recherche (figure 6, page 50). Ce premier niveau de résultats correspond aux objectifs fixés pour les *Groupes de professionnels*. A ce stade, ces résultats doivent être partagés et acceptés par (et dans) chaque organisation. A ce jour, dans le cas d'un constat nécessitant une réorientation des actions, la réponse de l'organisation dépend en grande partie des capacités des chefs de services (et/ou directeurs de pôles transversaux) à formuler de nouveaux choix à l'attention des décideurs qui permettront d'atteindre les objectifs initialement fixés, généralement en révisant les lieux et/ou la nature des actions. Cependant, cette approche transversale viserait à apporter une réponse concertée et commune des acteurs territoriaux. Le *Groupe de professionnels* doit alors s'élargir en y intégrant des experts indépendants, des universitaires, des référents (scientifiques, économistes du milieu privé (entreprises ou industries), etc). Cette convergence d'expertises en charge de vérifier le diagnostic dressé par les professionnels, d'approfondir les indicateurs pertinents permettant la modélisation du phénomène, et surtout de formaliser les procédures de la modélisation doit viser une appropriation par les professionnels de la méthode spécifiquement mise en place pour traiter le sujet, et dessiner les nouveaux moyens d'actions possibles.

Ces « experts » optimisant la concertation en s'appuyant sur la géomatique sont à ce jour dominés par des consultants de sociétés spécialisés (*IETI Consultants*¹⁷⁹ domine ce marché en France, mais il existe également de nombreux consultants indépendants). Ces spécialistes libéraux sont d'ailleurs très nombreux parmi les auteurs des publications afférentes à la

¹⁷⁹ *IETI Consultant* est dirigé par Henri Pornon. Siège social situé à Mâcon et une antenne à Bordeaux

sociologie des SIG (par exemple, 44 publications sur le site IETI consultants¹⁸⁰ regroupent des conférences, des articles, des livres, des enquêtes ou des études complètes) ; et dans cette voie (création de profils professionnels en fonction des besoins futurs des organisations), Henri Pornon fut un précurseur en France.

La géomatique, aujourd'hui intégrée dans le fonctionnement de la gestion territoriale à l'échelle locale et régionale, doit désormais relever un défi pour les années à venir : concrétiser la mise en place de plateformes de concertations pluridisciplinaires et inter-organisationnelles afin de produire des représentations spatiales reflétant une vision commune du développement d'un territoire, et de produire des analyses qui identifient les différents moyens d'actions permettant d'y parvenir.

II. Bilan et perspectives à l'attention des acteurs territoriaux

Nous avons choisi de privilégier une approche géographique sur les méthodes d'ingénierie géomatiques mises en œuvre pour les diagnostics territoriaux et l'aide à la décision (considérée à la fin de la première partie comme le point faible de la contribution de la géomatique chez les gestionnaires du territoire). Et finalement, les perspectives dressées dans ce regard géomatico-géographique (l'usage social de ce travail scientifique) concernent les actions concertées des gestionnaires territoriaux sur la base de représentations spatiales conçues collectivement (et dans une vision optimale, les actions sont même coordonnées, voire partagées).

Nous revenons une dernière fois sur les profils géomatiques des acteurs de la gestion territoriale, et pour finir, nous dressons les perspectives d'une concertation multi-organisationnelle fonctionnelle dans le cycle de la gestion territoriale. Une réflexion que nous avons raisonnée à l'égard d'un concept émergent dans la sociologie des SIG : les *Communautés de Pratiques* (Pornon, 2007).

¹⁸⁰ <http://www.ieti.fr/xoops/modules/partners/index.php?show=30>

A. Evolution des paramètres socioprofessionnels dans le fonctionnement des SIG

Dans le premier chapitre, la partie consacrée à *la culture géomatique des acteurs territoriaux* reprenait les travaux de Stéphane Roche (1999) sur les perceptions et les représentations des TIG des différentes catégories d'acteurs d'une organisation territoriale. Nous verrons que le schéma initialement dressé dans de grandes municipalités (techniciens, aménageurs professionnels et élus-décideurs) ne se retrouve que partiellement dans les collectivités que nous avons étudiées, et surtout que les changements des pratiques au cours de la décennie 2000 ont eu des répercussions sur ces perceptions et représentations qui s'expriment également aujourd'hui à travers des aspirations.

1. Les profils géomatiques dans les métiers de la gestion territoriale

Au sein d'une seule organisation, les différenciations des perceptions sur l'usage des TIG en fonction des professions restent fortement marquées. Nous distinguons quatre types d'acteurs chez les gestionnaires du territoire : les élus et/ou décideurs, les chefs de *services* et directeurs des Pôle regroupant les *services*, les chargés d'étude (et/ou de mission) et les techniciens.

En plus de dix ans, il semble que les représentations des élus-décideurs sur les TIG se sont légèrement modifiées : ils reconnaissent toujours les avantages qu'apporte la géomatique dans les présentations et l'argumentation d'un projet, et continuent ainsi de les concevoir d'abord comme un outil de communication. Nous pouvons tout de même souligner un changement significatif : à l'exposé de comptes-rendus d'études et/ou de diagnostics territoriaux, ils sont devenus demandeurs de représentations spatiales, notamment exprimant une synthèse des résultats. Il est certain que l'élévation générale du niveau de culture géomatique au cours de la décennie les rend plus exigeants à l'égard des TIG appliquées à leurs domaines professionnels : alors qu'au début de la décennie, ils souhaitaient des représentations spatiales pour simuler géographiquement leurs projets territoriaux et les communiquer auprès des partenaires ou des administrés, à la fin de cette même décennie ils souhaitent également disposer de représentations spatiales pour identifier de nouvelles problématiques territoriales.

Si la grande majorité reconnaît que ces représentations spatiales permettent de mettre en évidence les déséquilibres ou inégalités géographiques, ils sont par contre peu à penser que les TIG peuvent leur apporter des éléments de réponses aux problèmes posés. Et lorsque c'est le cas, ils pensent plus souvent aux potentiels de modélisations géographiques, qu'à un système de partage des connaissances et de coordination des actions des différents acteurs d'un même territoire. Dotés pourtant de représentations de leur territoire dans un plan holistique, les élus-décideurs sont finalement peu nombreux à se rapprocher des TIG. Par contre, ils sont de plus en plus consommateurs des représentations spatiales exprimant la synthèse des résultats d'un diagnostic, et restent d'importants commanditaires de représentations spatiales leur permettant de justifier et d'argumenter leurs actions.

La seconde catégorie d'acteurs concerne les chefs de services techniques et les directeurs de pôles transversaux. Stéphane Roche ne dissociait pas les chefs de services et les chargés de mission, et dénommait la catégorie d'ensemble *les aménageurs professionnels*. Compte-tenu des observations faites sur les chefs de services dans ce doctorat, il convient de les considérer comme un groupe distinct. Tout d'abord ces derniers bénéficient généralement d'une écoute attentive des élus référents qui siègent au bureau exécutif de la collectivité. Nous avons également pu constater qu'ils avaient tendance à accumuler et à assimiler les résultats des diagnostics territoriaux (qui ne parviennent donc pas dans leur forme initiale aux élus-décideurs). Ils se construisent ainsi une connaissance empirique et exhaustive de leur domaine de compétences territoriales, et globalement deviennent incontournables dans la formulation des différents scénarios d'actions à conduire.

Lorsque l'individu est familier des TIG, les prospectives territoriales qu'il conçoit sont généralement inspirées (ou au moins vérifiées) par des représentations spatiales issues d'une cartographie analytique. Le directeur du Pôle *Aménagement du territoire* du Conseil régional Limousin¹⁸¹ est également en charge la *Délégation aux études, prospective et évaluation* placée directement sous la tutelle de la Direction Générale des Services. Cet ancien directeur d'une unité régionale de l'Insee incarne le profil des acteurs territoriaux ayant une influence significative sur le développement des TIG, et dont les compétences s'expriment aussi bien

¹⁸¹ Poste occupé par Olivier Barlogis pour ce Pôle de Directions qui regroupe *l'aménagement durable des territoires* et *Les transports et déplacements*

dans la mise en œuvre des actions de gestion territoriale que dans les outils et méthodes pour les appréhender et parvenir à un schéma de développement spécifique au territoire concerné. Cette perspective sur ce profil professionnel concerne notamment les postes stratégiques obligeant à des approches thématiques transversales et à des modélisations systémiques pour comprendre les géodynamiques en cours et identifier les scénarios d'interventions adéquats.

La troisième catégorie concerne les chargés de mission et les chargés d'étude exerçant sous la responsabilité des précédents. Lorsqu'un diagnostic territorial est envisagé (et donc bien souvent externalisé), ils sont généralement les référents pour s'assurer de l'avancement des travaux. Selon l'implication du chef de service, la délégation de l'étude peut être très importante de sorte que ce dernier n'intervienne que deux fois : au début pour exprimer les besoins, et à la restitution pour valider les résultats. Les chargés de mission, également en charge des réalisations sur le terrain sont généralement moins investis que les chargés d'étude qui suivent le dossier dans le détail et aspirent généralement à maîtriser les méthodes mises en œuvre (tandis que le chef de service veille surtout à comprendre les résultats produits).

Enfin, à l'exception des grandes municipalités disposant encore d'un service technique dédié à la gestion des plans cadastraux, les techniciens des organisations territoriales sont présents dans des services « thématiques » travaillant principalement sur une seule des compétences territoriales de la collectivité. Ces techniciens ont conservé cette approche pragmatique, ne se représentant l'utilité des TIG que comme des outils de cartographie servant à représenter un plan physique (matériel). Ils interfèrent très peu dans les réflexions afférentes à la gestion territoriale. Leurs activités concernent principalement la saisie et la structuration des informations, mais ils sont généralement assez peu associés aux traitements à visée analytique.

2. Conflits au sein de l'organisation pendant la construction sociale du SIG,... puis place à la collaboration ?

En 1997, les travaux de Stéphane Roche témoignaient de la forte réorganisation des services et des pratiques professionnelles pendant l'émergence d'un SIG dans l'organisation. La synthèse de ses investigations s'attachait aux modifications observées dans le fonctionnement des collectivités : une augmentation de la production et de la diffusion des représentations cartographiques dans l'organisation (et vers l'extérieur : partenaires et administrés), et surtout une augmentation notable du temps de l'activité consacrée à la réflexion et à la scénarisation des actions.

Dans le même temps, Henri Pornon (1998) mettait en évidence les nombreux conflits de pouvoirs liés à la mise en place d'un SIG, principalement pendant les premières années de fonctionnement. Ces conflits sont nombreux mais surtout considérés comme inévitables car ils sont finalement les meilleurs vecteurs d'intégration de la géomatique dans les pratiques professionnelles, et c'est dans la recherche de leurs résolutions que le processus d'appropriation des TIG par la collectivité s'opère. Ce schéma de principe s'est largement vérifié depuis plus de 20 ans et un grand nombre de publications (du même auteur, mais également de nombreux autres) sont allées dans le même sens.

Nos travaux montrent que ces écarts tendent à se réduire, en raison notamment de l'émergence de profils de directeurs de pôles et chefs de services « bivalents » (culture géomatique élevée et responsabilité d'un Pôle ou d'une Direction(s) de services). Dans ces sphères professionnelles à l'interface entre la technicité et les prises de décision, les chargés d'études et les responsables des services partagent leurs visions du territoire sur des représentations spatiales construites sur les mêmes référentiels géographiques. Les divergences peuvent perdurer, notamment pour des questions d'influence sur l'orientation des actions à conduire pour atteindre les objectifs fixés par le bureau exécutif. Mais la géomatique, largement démocratisée, perd progressivement son rôle de facteur explicatif des écarts de perceptions.

Il devient par contre souhaitable que les orientations choisies par les chefs de services soient également matérialisées dans des représentations spatiales offrant une vision globale des actions : une nouvelle exigence en grande partie liée à l'évolution du niveau géomatique des chargés d'étude et de mission. Les dossiers dans lesquels ces derniers sont impliqués seraient

ainsi argumentés dans une vision transposable intégrant leurs propres représentations spatiales.

En l'absence d'élus dans le cadre de concertation (chapitre III. II et III), les directeurs de *Pôles* techniques et les chefs de services expriment plutôt des besoins liés aux connaissances des géodynamiques en cours dans le territoire, et finalement ils adhèrent plus difficilement aux modélisations géographiques permettant la simulation de plusieurs scénarios. Leurs besoins s'orientent plus vers l'identification d'indicateurs territoriaux pertinents permettant de diagnostiquer rapidement un dysfonctionnement dans le territoire, et si possible dans une vision diachronique des phénomènes étudiés.

Lorsque des élus sont présents (chapitre II.II et chapitre III.), les consensus souhaités par la sphère de l'ingénierie territoriale s'expriment à deux niveaux. Dans un premier temps, la sphère technique souhaite proposer des solutions « binaires » aux élus-décideurs et conserver les informations exhaustives du diagnostic dans le service. Facilitant une compréhension globale et surtout dessinant plusieurs scénarios, ils souhaitent généralement conserver le matériau inédit pour une réflexion sur leur proposition de programmations d'actions à moyen terme.

Nous avons également constaté que les élus-décideurs acceptent aisément le jeu de définir des critères théoriques pour la mise en œuvre d'une politique conduisant à une planification localisée des aménagements ou des actions. Cependant, si la distribution géographique des actions résultantes de ces critères ne leur convient finalement pas, les actions ne sont ensuite tout simplement pas engagées, sous couvert que le document (dont ils sont les auteurs) n'est pas réglementaire.

Globalement, la géomatique s'est très largement démocratisée dans les sphères techniques (techniciens, ingénieurs et responsables de services) et constitue très souvent le support transversal des échanges entre les différentes catégories professionnelles dont les élus restent tout de même les plus marginalisés. Ces derniers consomment finalement des informations géographiques de synthèses (simplifiées, parfois trop) que la sphère d'ingénierie territoriale a préparé à leur attention. Ce constat pose la question de l'aide à la décision des élus, une aide qui, dans un esprit polémique, insisterait sur la place des directeurs techniques dans les

prises de décisions (une aide consistant à filtrer les scénarios favorables pour offrir aux élus un choix simple, mais implicitement réduit).

Enfin, parmi les évolutions attendues, le gain de temps acquis grâce à l'automatisation des tâches et à l'accès facilité à l'information devait permettre de dégager plus de temps pour les services techniques dédiés aux réflexions et à la scénarisation des actions. Dans toutes nos collaborations, nous avons pu constater que ce temps a été mis au profit de la *mise en œuvre* et le *suiti* des actions sur le territoire. Le rôle dit *opérationnel* d'un SIG revient fréquemment à rechercher sa contribution directe aux évolutions observées sur le terrain, dans le territoire, dans un plan physique. Les avancées dans le domaine de l'administration territoriale et les missions de suivis d'interventions au service des administrés ont été considérables au cours des années 2000. Les concertations mono et inter-organisationnelles des gestionnaires des territoires seront (nous l'espérons) le leitmotiv des pratiques géomatiques dans les années 2010. Le principal déblocage s'opère aujourd'hui par une prise de conscience progressive des chefs de services de l'utilité de partager leur vision globale du territoire avec les chargés de mission (ou d'étude), mais également d'ouvrir le cadre consultatif concernant le « filtre » des informations géographiques de synthèses transmises aux décideurs.

B. Une technoscience inter-organisationnelle qui bouscule les principes de la gouvernance territoriale

La géomatique a généralement rencontré un net succès auprès de ses usagers en raison de des innovations technologiques. Pour les chercheurs s'interrogeant plus particulièrement sur les innovations dont l'intérêt relève de la dimension sociale des systèmes, les évolutions récentes ont conduit à l'intégration d'un plus grand nombre d'acteurs dans les processus décisionnels basés sur la technologie des informations géographiques (Carver, *et al.* 1998 ; Kingston, *et al.* 1999 , 2000 ; Laurini, 1998 ; Nyerges *et al.* 1997). Simultanément, les recherches se sont également intéressées à ce que l'on appelle aujourd'hui des SIG participatifs (PPGIS : *Public participation GIS*) (Craig, *et al.* 2002 ; Jankowski et Nyerges, 2001). Le plus fréquemment, ces travaux concernent les principes de gouvernance territoriale, et le développement de ces technologies vise une forme de démocratie territoriale participative à travers l'usage des SIG.

Un concept récemment repris par le courant de la « sociologie des SIG » semble pouvoir s'appliquer à cette configuration : la notion de *Communautés de Pratiques*, qui s'exprime comme un système actif permettant des synergies inter-organisationnelles sur les éléments structurants dans les diagnostics territoriaux concertés. Ce concept nous permet de conclure ce dernier chapitre sur un caractère résolument affirmé de la géomatique : une technoscience qui « bouscule » la gouvernance territoriale.

1. Concept de communautés de pratiques en géomatique

Pour décrire les échanges liés à l'activité géomatique dépassant le cadre d'une organisation, nous pouvons parler de *Communauté de pratiques*. Ce concept a initialement été réfléchi pour les théories sociales de l'apprentissage : « *il s'agit d'un groupe de personnes qui partagent un même intérêt pour une entreprise humaine et est engagé dans un processus d'apprentissage collectif qui les relie entre elles* » (Wenger, 1998, 2000, 2002).

Lorsque les acteurs territoriaux mutualisent leurs ressources géomatiques de plus en plus fréquemment, et toujours dans l'objectif de réaliser des diagnostics territoriaux en commun, nous nous situons alors dans une situation similaire :

« *après un certain temps, cet apprentissage collectif produit des pratiques qui reflètent à la fois l'évolution de nos plans et les relations sociales qui s'ensuivent. Ces pratiques deviennent alors le propre d'une communauté et contribuent à la transformer en entreprise commune.* » (Wenger, 1998).

Quatre conditions doivent être remplies pour que le groupe d'acteurs puisse être qualifié de communauté de pratiques (Livre blanc, 2004) :

- ✓ *Qu'ils soient fédérés par des centres d'intérêts communs et des projets similaires,*
- ✓ *qu'ils coopèrent et échangent leurs savoirs pour créer une valeur collective utile*
- ✓ *qu'ils partagent des ressources communes (savoirs, expériences, documents)*
- ✓ *qu'ils collaborent dans un processus d'apprentissage collectif*

Les chercheurs qui ont mis en avant cette notion de *Communauté de pratiques* (Wenger en 1998, Noucher parlait de *CDP* en 2006, Pornon et Noucher ont ensuite préféré le sigle de *CoP* en 2007) ont d'abord une approche à visée sociologique, et valident ce concept par l'identification des 3 composantes communes aux acteurs :

- ✓ *un engagement mutuel* : à titre individuel, les acteurs doivent s'engager et maintenir des relations étroites et des engagements articulés autour de leurs tâches respectives.
- ✓ *une entreprise commune* : la communauté de pratiques est le résultat d'un processus collectif de négociation dépendant de l'engagement commun. Elle crée chez les participants une relation de responsabilité mutuelle qui devient rapidement partie intégrante de la pratique.
- ✓ *un répertoire partagé* : les acteurs partagent un certain nombre de mots, outils, procédures, etc. Les ressources partagées mises progressivement en place sont adoptées par l'ensemble des acteurs, créant ainsi plus d'engagement dans la pratique.

Selon les auteurs, l'objectif principal de ces communautés de pratiques est de capitaliser *une valeur collective utile* d'abord pour soi, puis pour les autres, pour enfin raisonner avec les autres (Noucher, 2009). Au final, cette logique participative correspond à l'objectif principal des diagnostics territoriaux inter-organisationnels que nous préconisons.

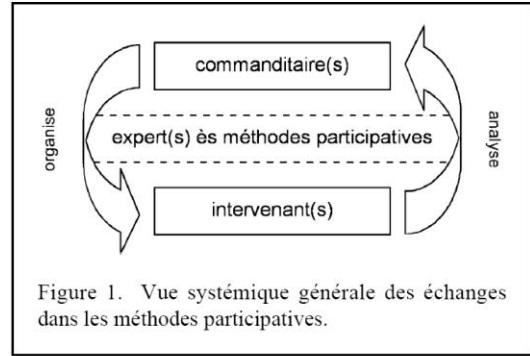
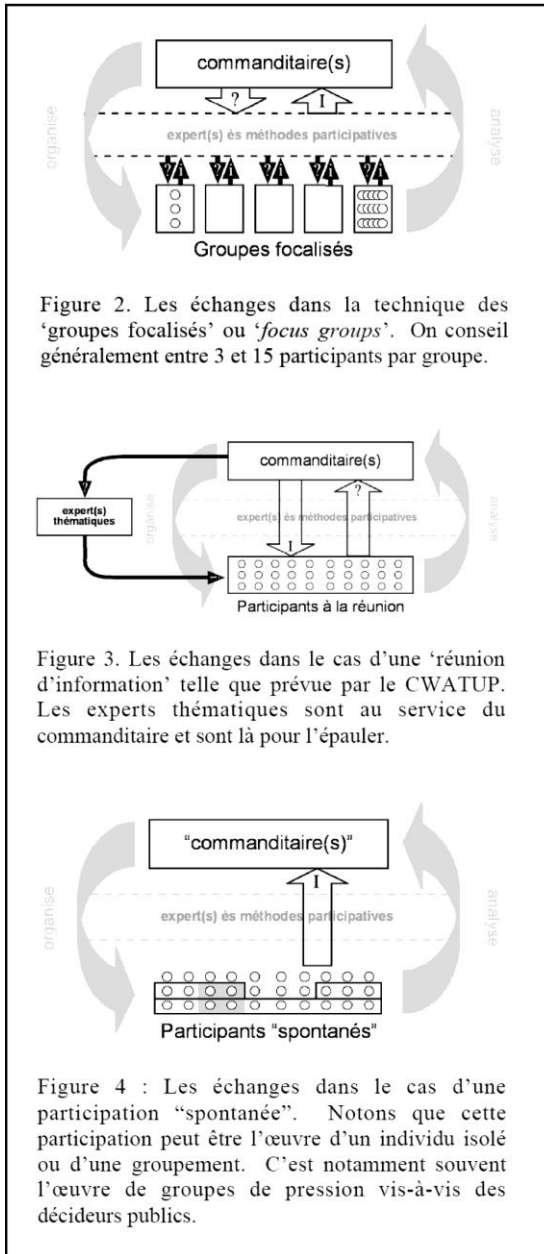
Les principes permettant la coordination de groupes professionnels ou de groupes d'expertise pluraliste dans une logique de concertation participative pour un diagnostic territorial sont connus, mais rares en France. Sur la figure 101, nous avons reporté les figures illustrant l'intervention de B. Cornelis au colloque *L'analyse spatiale des territoires pour favoriser la participation et la mise en réseau des acteurs* tenu à Liège en octobre 2005.

Ces méthodes d'animation de groupes de travail se déclinent principalement en trois types. La première, adressée aux *groupes focalisés*, correspond aux groupes professionnels que nous préconisons pour les diagnostics territoriaux inter-organisationnels. La seconde, qui s'adresse à des groupes sociaux beaucoup plus larges vise principalement une consultation sur un dossier ou une problématique précise (à l'image d'une enquête d'utilité publique). La dernière (concernant les *participants spontanés*) correspond cette fois à une démarche de démocratie participative : le système consiste principalement à considérer les oppositions ou propositions du groupe d'acteurs sur un projet ou une politique conduite, sans pour autant les avoir sollicités.

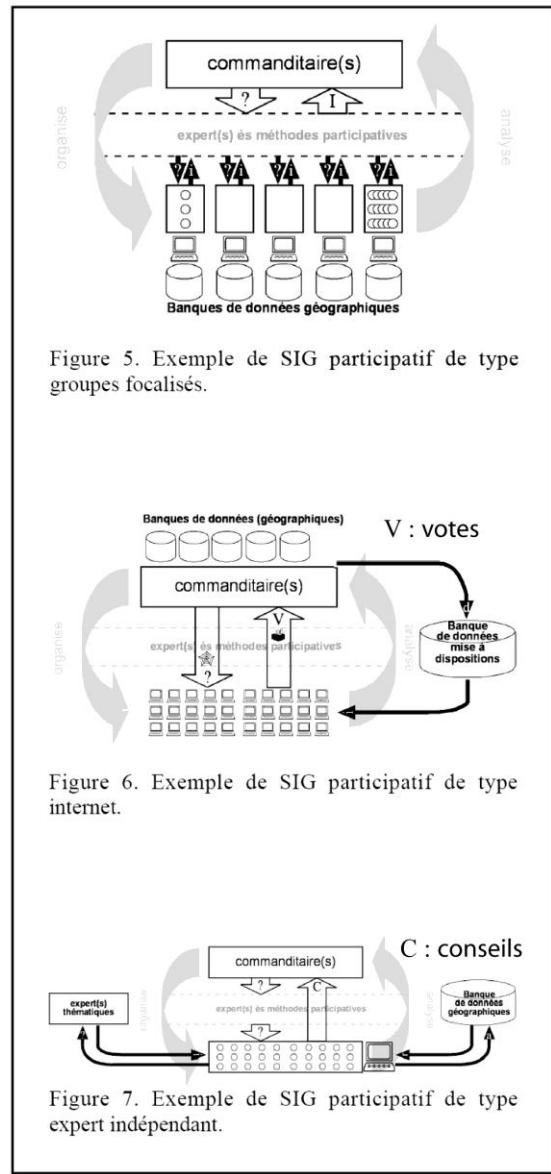
Concertation et participation

i : informations spécifiques
 I : informations globales ou synthétiques
 ? : les questions

Exemples de méthodes participatives...



... appliquées à l'usage des SIG



(tiré de l'article *SIG et participation(s) : comparaison d'outils et de méthodes*, Cornelis - 2005)

Figure 101 : Exemples de méthodes participatives appliquées au SIG (Cornelis, 2005)

Ces schémas mettent toutefois en évidence un verrou à éliminer pour optimiser l'efficacité des diagnostics concertés : dans le schéma correspondant aux *groupes focalisés*, le commanditaire présente sa préoccupation territoriale à laquelle le groupe de professionnels doit apporter des éléments de réponses. Nous avons pu constater à plusieurs reprises que la position de prestataire (pour le groupe d'experts) conduit le plus souvent à des consensus méthodologiques (pas toujours guidés par la rigueur scientifique) et à un devoir de réserve dans le partage des informations avec des acteurs extérieurs. La méthode la plus appropriée pour les groupes d'expertise pluraliste doit (si elle veut être optimale) permettre d'intégrer des experts indépendants. Ils acquièrent ce statut grâce à un groupe participatif plus large à qui ils rendent compte de leurs expertises. Le principal interlocuteur du commanditaire est ce même groupe de professionnels participatifs, qui constitue ainsi un intermédiaire compétents entre les commanditaires du diagnostic et les experts.

2. Fil conducteur pour la conduite d'un diagnostic territorial concerté

La mobilisation, et par conséquent la coordination, d'un groupe de professionnels n'est pas une opération aisée et nécessite une préparation en amont du projet. La première attention doit porter sur la mobilisation des données géographiques nécessaires pour répondre à la problématique territoriale : ces informations répondent généralement à des rigueurs professionnelles (normes, codifications, bases de données référentielles, etc.) qui doivent être maîtrisées par les experts géomatiques qui coordonnent le groupe de professionnels.

De nombreuses données individuelles nécessitent souvent des accords de consortium ou des conventions délivrées par la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL). Dans les actions-recherche présentées dans ce doctorat, les conditions et les délais d'accord pour un droit d'utilisation des données ont été très variables : avec la DGI pour l'usage des matrices cadastrales dans la Communauté d'Agglomération de Brive, avec la CNIL pour notre collaboration avec le Registre Général des Cancers du Limousin, avec le réseau national SLA pour notre collaboration avec le Centre de référence du Limousin, avec Areva pour les informations relatives à la localisation, à la nature et à la durée de l'exploitation uranifère dans le territoire limousin, etc. Si les délais nécessaires à l'obtention des accords d'utilisation peuvent perturber le calendrier des diagnostics territoriaux, la mise à disposition efficace des données peut également poser problème : cette remarque est

valable pour les données partagées gracieusement par les services techniques des collectivités territoriales, comme pour les données commercialisées par les grands organismes nationaux (Insee notamment).

Le premier temps fort des expériences participatives que nous avons présentées commence incontestablement lors de la réalisation des premières planches expérimentales en vue de la réalisation du géo-diaporama commenté. Les représentations spatiales qui le composent doivent être les plus proches possible des besoins exprimés par les services techniques des commanditaires (fréquentation des TER sur des plages horaires définies et pour chaque gare de chaque ligne ferroviaire, carte de l'Habitat à l'échelle parcellaire, screening sanitaire SLA à l'égard de l'ensemble des industries passées ou présentes en Limousin, etc.). Le principe de constituer un catalogue de données exhaustif facilite la compréhension des données géographiques (et leurs significations) qui doivent être accréditées par l'ensemble du groupe de professionnels avant d'être mobilisées dans une modélisation ou une analyse géostatistique. A la fin des actions-recherche, ces catalogues de données géographiques n'ont pas toujours été récupérés par les sphères techniques, qui peuvent pourtant les mobiliser ensuite ponctuellement en fonction de leurs actualités opérationnelles (*mise en œuvre, réalisations, suivis du cycle de la gestion territoriale*).

Une fois les données géographiques adoptées, le groupe d'experts géomatiques doit alors proposer des indicateurs territoriaux objectifs afin de mettre en évidence les inégalités et / ou les complémentarités dans le territoire : le SIR pour l'identification des structures spatiales infrarégionales témoignant de sur-incidences de pathologies, le taux d'utilisation des gares TER à l'égard des usagers résidant dans les zones d'attractivité des gares, etc.

Grâce à la mesure spatiale des inégalités géographiques, les cartes ne concrétisent cependant que les premiers pas d'un diagnostic, et malheureusement la plupart des expériences participatives conduites en France s'arrêtent là. Logiquement, cette première étape doit permettre aux commanditaires et au groupe de professionnels de s'approprier cet état des lieux actualisé, dont les informations géographiques inédites peuvent remettre en cause leurs actions en cours ou en projet. Le temps nécessaire à ce que chaque organisation superpose

ces informations inédites et son bilan d'actions (voir la politique conduite) est fondamental, mais peut également conduire à un essoufflement dans la participation.

Lorsque (ou si) les premiers résultats sont acceptés par les acteurs territoriaux, la seconde phase prospective consiste alors à rechercher *les leviers d'actions* (mobilisables à partir des moyens de production du commanditaire ou des groupes de professionnels) pour apporter des réponses aux déséquilibres territoriaux identifiés.

Tenter d'apporter une réponse à une problématique territoriale transversale est assez rare dans les pratiques de gestion territoriale que nous avons observées en Limousin. Cet objectif semble conduire le plus souvent à poser la délicate question de la préemption spatiale parmi les différents acteurs impliqués. Mais dès lors que cette seconde étape est envisagée, nous pouvons alors considérer que la concertation territoriale est engagée et que les acteurs territoriaux impliqués sont en mesure de s'orienter vers des collaborations pour les *réalisations* et le *suivi* de leur cycle de gestion territoriale respectif (figure 6). Le temps nécessaire à l'émergence de ces Communautés de Pratiques professionnelles peut toutefois être important.

Enfin, la question du partage des informations géographiques synthétiques issues de ces diagnostics territoriaux est généralement liée à la stratégie du commanditaire du diagnostic. Nous avons vu que lorsque ce dernier est une structure territoriale (collectivité ou intercommunalité), le caractère inédit des résultats sur l'une de leurs compétences territoriales constitue d'abord un capital de connaissances à l'attention de l'organisation, qui va alors stratégiquement en exploiter l'exclusivité.

Dans les cadres de concertations plus élargis, l'exploitation des résultats est très souvent problématique, tout autant que leur communication : l'exemple le plus caractéristique de nos actions-recherche concerne incontestablement la diffusion sur internet du rapport GEP Mines du Limousin, dans un format définitif que nous n'avons pu maîtriser (nous étions prestataires) : l'appropriation par les médias de ces résultats, accompagnés de représentations spatiales à titre d'exemple sur le Limousin, constitue très certainement un levier d'actions pour les acteurs s'interrogeant sur les relations entre la santé et l'environnement. Il est regrettable (parfois) que le risque médiatique soit tel qu'il inhibe le partage des informations avec les principaux intéressés : les acteurs territoriaux.

Les apports d'une géographie infrarégionale de l'incidence des pathologies doivent être appréciés comme une méthodologie permettant l'identification d'indicateurs territoriaux mesurant l'efficacité de l'infrastructure sanitaire, et optimisant les actions de prévention liées aux expositions environnementales collectives.

Cependant, la communication (tant dans son contenu que dans son format) nécessite encore aujourd'hui un effort spécifique de la part des géomaticiens : il faut encore puiser dans leurs ressources (notamment en sémiologie graphique) pour communiquer à partir de représentations spatiales qui ne risquent pas de stigmatiser les territoires investis, et surtout pour produire une information collective utile et acceptée par la majorité des acteurs territoriaux, sans nuire aux libertés individuelles.

Le chemin à parcourir est encore long, car si les TIG apporteront rapidement des éléments de réponses techniques, la gouvernance territoriale sur cette compétence précise est, semble-t-il, encore bien floue, peut être même en retard au regard de la nature des résultats géo-épidémiologiques mobilisables dans de nombreux territoires infrarégionaux.

Conclusion du chapitre VI

Pour conclure ce dernier chapitre, nous revenons sur la définition d'une technoscience avancée dans l'introduction de ce doctorat pour qualifier la géomatique (p. 21) :

« une activité orientée vers la production de nouvelles connaissances au moyen d'une traduction technologique des acquis sans cesse accumulés par l'activité scientifique, la conversion non différée de chaque découverte en outils plus performants, en moyens d'actions nouveaux et bénéfiques » (Balandier, 2001).

Dans la formulation *«... la conversion non différée de chaque découverte en outils plus performants, en moyens d'actions nouveaux et bénéfiques »*, les innovations attendues sont généralement technologiques. Dans l'approche géographique choisie pour ce doctorat, les innovations les plus importantes concernent incontestablement les avancées possibles sur la gouvernance territoriale : une technoscience sociale qui identifie et formalise des préoccupations territoriales, mêmes si elles apparaissent précoces à l'encontre des compétences territoriales existantes au sein du territoire. Cette conversion non différée conduit ainsi les acteurs territoriaux à se réorganiser pour répondre à ces nouvelles préoccupations même si ces dernières ne s'inscrivaient pas initialement dans leur politique de développement.

Nous retenons également, à l'issue de ces actions-recherche réalisées grâce à des collaborations professionnelles étroites et des concertations fréquentes, que cette technoscience s'exprime à travers un processus social bien connu des SMA : la capacité à produire, dans un cadre participatif, une connaissance territoriale utile pour la collectivité et dont la valeur (comme la pertinence) estimée par les acteurs territoriaux est généralement supérieure aux valeurs cumulées des apports de chaque acteur participant.

En 1992, Saindoin montrait que lorsque le SIG est raisonné d'un point de vue *mécaniste*, il sert d'abord à centraliser, à unifier et à éliminer les redondances. La même année, Genelot publiait un article démontrant que l'approche *systémique* conduite par les sociologues préconisait une diversification des flux et des redondances maîtrisées permettant de comparer les points de vue.

La multifonctionnalité des SIG au sein d'une organisation (et des TIG dans une dimension inter-organisationnelle), conduit ainsi à observer des usages parfois contradictoires dans les pratiques géomatiques de différents secteurs d'activités comme le soulignait déjà Pornon (2004) dans le chapitre intitulé *Ingénierie des SIG : comment les SIG entrent dans les organisations*¹⁸².

A la fin de ce travail, nous serions tentés de compléter ce raisonnement de la façon suivante : l'usage *mécaniste* du SIG vise une dimension *opérationnelle* dans le but d'*administrer* et/ou de *gérer* les territoires. Une pratique des TIG dans une vision *systémique*, permet d'inscrire son SIG dans une plateforme de concertation mono ou inter-organisationnelle destinée à un diagnostic territorial d'intérêt collectif. Mais il nous semble qu'un SIG fonctionnel doit être en mesure de disposer de ces deux caractéristiques, notamment pour les organisations de la gestion territoriale.

¹⁸² Sous la direction de S. Roche et C. Caron (2004)

Conclusion générale

Depuis plus de vingt ans, la géomatique s'est disséminée dans la plupart des métiers de la gestion territoriale. Cette intégration dans les pratiques professionnelles, comme l'élévation générale du niveau de culture géomatique des administrés, des chargés de mission, des responsables de service technique ou bien encore de quelques élus-décideurs, ont eu des effets notables sur *les systèmes de productions et de consommation de l'information géographique*.

En 2000, Nicholas Chrisman identifiait six axes de recherches pour une *géographie de l'information géographique* qu'il cherchait encore à affirmer auprès de la communauté internationale des chercheurs spécialisés : *culture institutionnelle, échelle des décisions, uniformité de la culture, confidentialité, continuité, égalité. La combinaison de tous ces paramètres conditionne la construction sociale des SIG. Réciproquement ces technologies modifient leur environnement... »*

Nous avons préféré nous inscrire dans une démarche transversale à ces six axes, en étudiant les productions différenciées de représentations spatiales conçues au moyen de modélisations géomatiques. Notre intérêt s'est, de ce fait, porté sur les outils et méthodes mis en œuvre pour la réalisation de diagnostics territoriaux, et au final sur l'usage des résultats obtenus au cours de ces démarches participatives et concertées. Nos recherches s'inscrivent donc préférentiellement dans l'étude du processus final : *« Réciproquement ces technologies modifient leur environnement... »*.

Depuis le début des années 2000, les avancées technologiques au service de la gestion territoriale ont été importantes, quelle que soit l'échelle du territoire de compétences. Pendant la même période, les innovations dans les systèmes organisationnels favorables à des démarches participatives ou collaboratives (réalisation d'un diagnostic concerté par exemple) ont été au cœur des interrogations des universitaires : elles sont aujourd'hui éprouvées et vont certainement se banaliser dans les pratiques géomatiques des groupes de professionnels inter-organisationnels durant les années 2010.

Nous concluons notre réflexion en ouvrant notre sujet sur des questionnements qui s'inscrivent dans la logique d'un approfondissement d'une géographie des systèmes de production et de consommation de l'information géographique dans des territoires infrarégionaux

Dissémination sous l'impulsion des pouvoirs publics, mais pour demain ?

L'intégration de la géomatique au sein des institutions et collectivités territoriales est un processus qui, dès les années 1980, était planifié et très souvent impulsé par les pouvoirs publics (et pas simplement en imposant l'outil dans ses services techniques).

En France par exemple, le rapport Lengagne (1984) rendu par une commission créée en 1982, a permis de relancer les projets de productions d'informations géographiques. Ce même rapport préconisait alors la mise en place du Référentiel Géographiques à Grande Echelle (RGE), aujourd'hui très largement utilisé. Il préconisait également la mise en place du Conseil National de l'Information Géographique (CNIG) qui devait développer la concertation entre les différents acteurs de ce domaine d'activité (notamment entre le public et le privé). Au Québec, le plan géomatique gouvernemental (PGG) illustre parfaitement l'efficacité de l'implication des pouvoirs publics pour le développement de ces pratiques professionnelles générant un secteur d'activités profitable. Créé en 1988 et doté d'un budget annuel d'un million de dollars en 1990, il a impulsé de nombreuses études jusqu'à permettre au gouvernement de préciser ses objectifs en matière de développement de la géomatique et d'amorcer un premier plan d'action.

En Europe, depuis 2007, le regain d'activité est attendu (mais toujours pas survenu) grâce à la mise en vigueur de la directive *Inspir* que nous avons abordée dans la première partie (p.259). Encore difficilement mise en œuvre, cette directive devrait conduire les acteurs territoriaux¹⁸³ producteurs d'informations géographiques (y compris les organismes consultatifs publics), au niveau national, régional ou local à mettre à disposition leurs bases de données à références spatiales, actualisées et interopérables, à la disposition du plus grand nombre par des interfaces web et des plateformes de téléchargement.

¹⁸³ Sont concernés : les Ministères, Régions, Départements, et dans une moindre mesure les communes et EPCI. Les organismes d'intérêt public comme l'IGN, l'IFEN, etc. sont également concernés.

Cette circulation facilitée de données géographiques dans le territoire européen, dans une approche quantitative des informations géographiques mobilisables, peut en effet permettre un regain d'activité des pratiques géomatiques qui lisserait les inégalités observées à différentes échelles spatiales. Elles sont en effet à ce jour encore nombreuses en France (figure 102). L'étude de l'évolution de ces inégalités géographiques et de leurs causes constitue un axe de recherche intéressant pour continuer à développer les bases scientifiques d'une *géographie de l'information géographique* en France

Géographie des inégalités dans la diffusion spatiale des TIG

Il est fort probable que ce type de développement de la géomatique, impulsé par les pouvoirs publics à l'échelle nationale, fasse désormais partie du passé. Le travail que nous venons de présenter laisse présager que le développement futur des pratiques géomatiques au bénéfice de la gestion territoriale (et plus particulièrement pour l'aide à la décision) s'appuiera sur des initiatives d'acteurs territoriaux à l'échelle régionale ou infrarégionale.

Dès 1991, C. Weber développait un questionnement géographique sur le thème des inégalités territoriales dans la diffusion des TIG : « *La diffusion d'une innovation au sein des entités territoriales, risque d'accentuer encore plus les disparités locales voire régionales. Or l'avancée technologique doit favoriser l'expression de la démocratie au sein et entre les collectivités territoriales* »

La figure 102 a été réalisée à partir de documents disponibles sur le site internet d'IETI Consultants¹⁸⁴, organisme à l'initiative et unique animateur du premier observatoire de la géomatique en France. La carte de gauche représente un indice indexé sur le nombre et la nature des collectivités territoriales équipées dans chaque département français. La carte de droite répertorie les communes disposant d'un plan cadastral numérique labellisé par la DGI (état des lieux 2007).

A l'échelle nationale, comme à l'échelle infrarégionale, les inégalités s'expriment avec autant d'intensité qu'il s'agisse du niveau d'équipement ou de la mobilisation d'informations géographiques accréditées à grande échelle spatiale.

Sur la base des expériences issues de nos actions-recherche conduites dans une seule région, ces écarts d'équipements (comme dans l'état d'avancement de la numérisation normée des informations de la gestion territoriale) sont difficilement explicables. Nous avons toutefois

¹⁸⁴ <http://www.ieti.fr/xoops/modules/info/>

abordé le principe de la mission stratégique d'un SIG dans la conclusion de la première partie. L'investissement financier réalisé par certaines collectivités territoriales (Conseils régionaux ou généraux) dans des licences étendues permet à tous les acteurs du territoire d'accéder pour un coût d'abonnement modique (et gracieusement pour les structures territoriales de la région Rhône Alpes) à l'ensemble des référentiels géographiques.

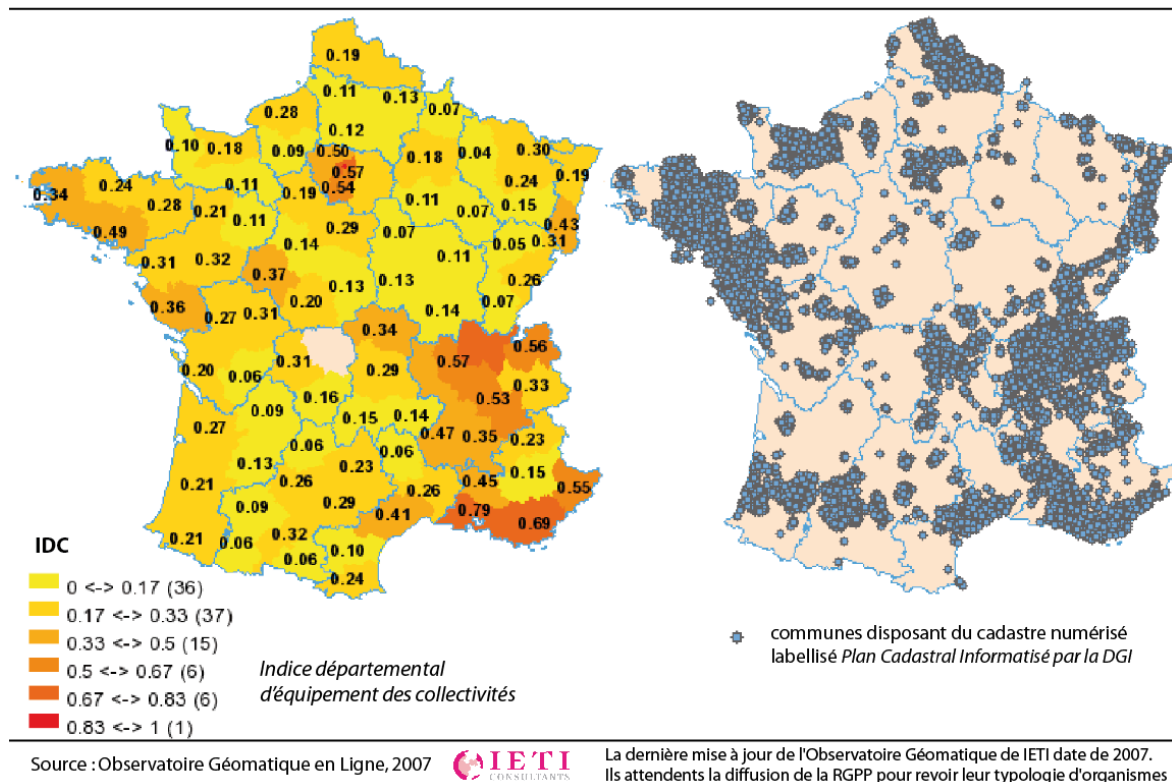


Figure 102 : Aperçu des inégalités géographiques dans la diffusion des TIG en France

Si l'on observe les deux cartes, nous pouvons noter que les départements les mieux dotés en équipements géomatiques correspondent également aux agrégats de communes les mieux dotés en informations géographiques référentielles (ici à titre d'exemple représentatif : le cadastre aux normes DGI).

En observant les traits principaux de cette géographie dessinée à partir de ces indicateurs territoriaux spécifiques à la diffusion des TIG, le responsable du SIG du Conseil régional Limousin pourrait s'interroger sur les avantages pour l'organisation, mais surtout pour l'ensemble des acteurs du territoire régional, d'assurer le rôle *stratégique* du SIG dans sa

politique de développement (à l'image de la Communauté d'Agglomération de Brive, à une échelle plus locale).

Le Limousin fait partie des régions françaises où le développement des pratiques géomatiques peut (à ce jour) difficilement s'appuyer sur un large réseau d'acteurs équipés ou sur une mobilisation aisée d'informations géographiques à grande échelle. Comme nous l'avons mentionné dans le premier chapitre, cette géographie quantitative nationale ne traduit pas la richesse des démarches qualitatives (système participatif et/ou collaboratif par exemple) observables dans les territoires infrarégionaux. Une étude similaire à la notre, dans un autre territoire régional comme la Bretagne ou l'Auvergne, permettrait une analyse comparée des pratiques géomatiques différenciées des acteurs territoriaux prenant en compte les spécificités régionales du niveau d'équipement géomatique pour l'étude de la diversité des *systemes de production et surtout de consommation des informations géographiques* à travers les pratiques et les usages géomatiques dans les différents territoires (infra)régionaux.

Une dissémination à son paroxysme

Si la diffusion spatiale des TIG semble connaître certains freins, ce ne semble pas être le cas de la dissémination thématique. De ce point de vue, le phénomène de dissémination de la géomatique est véritablement impressionnant tant le nombre de domaines d'activités est considérable : géographie, topographie, navigation, géomarketing, hydrographie, foresterie, aménagement du territoire, urbanisme, agriculture, gestion des risques, etc. Un inventaire exhaustif et une réflexion sur la diversité des domaines d'activités utilisatrices des TIG constitueraient probablement un état des lieux pertinent. Nous souhaitons simplement citer deux exemples de dissémination qui témoignent de ce phénomène à la fois d'ampleur quantitative et thématique.

Le premier concerne un projet initié en région Limousin¹⁸⁵ dénommé *GéoCulture* (<http://geo.culture-en-limousin.fr/>) qui est porté par le Centre Régional du Livre en Limousin (CRL). L'objectif principal de la démarche d'une communauté d'acteurs de la culture en région (et particulièrement des animateurs culturels) consiste à mettre à la disposition d'un très large public des contenus artistiques numériques (textes littéraires, photographies,

¹⁸⁵ Nous avons collaboré à cette expérience, notamment en termes de conseils et expertises pour la présentation, gestion et structuration des informations géographiques à caractère culturel.

peintures, sons, vidéos) dans une interface cartographique interactive. Si le recours au webmapping pour la communication d'informations sur internet s'est largement démocratisé ces dernières années, ce choix technologique pour présenter l'inventaire des représentations esthétiques territorialisées conduit à une démarche innovante en terme de développement territorial.

D'abord conçu comme un outil de communication et de valorisation des productions culturelles de la région Limousin, cette initiative a rapidement réuni des acteurs comme le Comité Régional du Tourisme (CRT), l'Agence de Valorisation Économique et Culturelle (AVEC), et grâce au portail culturel régional¹⁸⁶, l'ensemble des institutions culturelles de la région et quelques collectivités territoriales. Ce succès s'explique en grande partie par les leviers d'actions potentiels que constitue cette base de données géoréférencées : proposition de parcours de randonnée ponctué de haltes culturelles, marquage territorial des représentations esthétiques (scène de film, lieu de récit, paysage photographié ou peint, etc.). Le recours à la géomatique pour une valorisation des productions culturelles en Limousin semble ainsi conduire à une production et une communication dont les premières retombées économiques comme sociales relèveraient de logique territoriale.

En ce début d'année 2011, ce projet prend de l'ampleur par la mise en place d'une interface dédiée à la consultation mobile (smartphones, GPS et tablettes numériques) permettant encore d'optimiser la consommation de ces informations géographiques culturelles *in situ*.

Le second exemple d'innovation dans la dissémination de la géomatique n'est pas une déclinaison thématique car il est très proche des outils observables dans les collectivités territoriales et traitant des problématiques de la gestion territoriale : il s'agit de l'émergence des Système d'Information sur le Patrimoine. Nous avons collaboré à sa mise en place sur la demande de la présidence de notre université, compte tenu de nos compétences dans les Système d'Information Géographique. Aujourd'hui l'ensemble des bâtiments de l'université a été vectorisé et intégré au système. Les informations attributaires permettent une description fine des équipements et de leur durée de vie. Dans une démarche participative (nous avons formé un référent par composante universitaire) ce système permet aujourd'hui de centraliser et d'organiser toutes les informations relatives au patrimoine de l'université

¹⁸⁶ www.culture-en-limousin.fr

(plans, données dimensionnelles, mobilier, équipements techniques, contrats de maintenance, occupation des locaux, etc.). Ce système d'information est bien évidemment doté d'un module d'interrogation de la base de données qui fonctionne donc sur le référentiel patrimonial unique et accessible par les agents techniques au moyen de puissants outils d'interrogation et de représentation des résultats sous forme thématique et graphique.

L'objectif prioritaire est bien de gérer, d'entretenir et d'exploiter de façon optimale les locaux en s'appuyant sur ce référentiel commun. Toutes les données (y compris graphiques) sont publiées et accessibles par Intranet et Extranet lui conférant une communication et un partage de l'information interactifs¹⁸⁷.

Les objectifs prioritaires concernent la maîtrise de l'affectation des budgets liés au patrimoine notamment en mutualisant les contrats de maintenance, le suivi des actions (dans une programmation à moyen terme), les interventions en particulier dans le domaine de l'entretien. Le respect des obligations réglementaires à l'égard de l'amiante, comptabilisation par composants des actifs, de la sécurité, etc. sont des modules également présents.

Enfin, cette technologie a été rapidement sollicitée pour réaliser un état des lieux sur l'usage des surfaces (ratio enseignement/recherche, nombre de m² par étudiant ou par enseignant, etc.) et de simuler des scénarios d'aménagements de sorte à assurer la politique de déploiement ou (redéploiement) des activités spécifiques à une université de plein exercice. D'abord consommé comme un outil dédié à la gestion, ce système d'information du patrimoine (un SIG à très grande échelle) a rapidement su s'inscrire dans une mission dépassant le cadre de l'observationnel : le développement d'outils de coordination des interventions sur la sécurité ou l'entretien, comme les études de programmation et de planification de nouveaux usages des locaux sont d'ores et déjà considérés comme des fonctionnalités opérationnelles.

La dissémination de la géomatique se poursuit ainsi dans un nombre de domaines d'applications, initiant quand c'est nécessaire le développement de système d'information adéquat à la gestion à très grande échelle.

¹⁸⁷ Voir exemples <http://www.abyla.fr/abylasp.htm>

Pour terminer....

A la lecture de ce doctorat, les défis que doit relever la géomatique apparaissent intimement liés au processus d'aménagement du territoire. La difficulté est d'articuler des visions très sectorielles croisant deux dimensions : la dimension professionnelle (confronter les points de vue des spécialistes de l'environnement, de la santé, de l'exploitation industrielle par exemple) et la dimension institutionnelle (confronter les points de vue de la DREAL, d'AREVA, de l'ARS pour illustrer le même exemple).

L'intégration des différentes perceptions du territoire dans une perspective commune pose systématiquement les mêmes problèmes méthodologiques, que l'on s'interroge sur la géomatique ou sur la gestion territoriale (*comment faire communiquer ces acteurs entre eux ?*), voir épistémologique (*le millefeuille du SIG qui leur est proposé traduit-il une vision intégrée du territoire ?*). De fait, les processus d'aménagement du territoire nous obligent à accorder une grande importance à la corrélation qui existe entre la participation et les dispositifs de négociation territoriale (Pornon, 2004).

Si les aspects technologiques et organisationnels ont incontestablement évolué dans le bon sens au cours des années 2000, le leitmotiv sur le nécessaire partage des informations semble devoir encore être précisé : le partage de l'information n'équivaut pas le partage des données géographiques. Les diagnostics territoriaux sont des procédures permettant de passer de données géographiques à une information territoriale utile aux actions de plusieurs acteurs présents dans le territoire investi : nous parlons alors de diagnostics territoriaux partagés.

La dernière idée qui clôture donc ce travail est un rappel à l'attention des acteurs territoriaux désireux d'un développement équilibré de leur territoire : partager des informations géographiques utiles nécessite qu'elles soient comprises et acceptées par le consortium des acteurs impliqués et concernés. Par conséquent, l'information la plus appropriée et la plus pertinente est celle que les acteurs territoriaux ont identifiée et mise en évidence ensemble.

Une gouvernance territoriale sur des thèmes transversaux (interprofessionnels et généralement inter-organisationnels) s'assurant d'une coordination des ressources d'expertises territoriales inter-organisationnelles pourrait alors s'apparenter à un véritable SIT : un Système d'Information du Territoire.

BIBLIOGRAPHIE

ACEG/ACSGC, *Projet d'étude sur la planification des ressources humaines pour l'industrie de la géomatique au Canada*. Association canadienne des entreprises de géomatique et Association canadienne des sciences géodésiques et cartographiques, Ottawa, 1990.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (<http://www.atsdr.cdc.gov/>)

ARMS S., *Computer mapping in selected geographic information systems*. In: *Proceedings, Sixth Annual Conference, URISA*. pp. 218-21, 1968.

BALANDIER G., *Le grand système*, Ed Fayard, Paris, 2001.

BANACK SA et al, *Production of neurotoxin BMAA by a Marine Cyanobacterium*. *Mar Drugs* ; n°7: p.180-196 ; 2007.

BANAUDO J., LANOUE F. *Sur les rails du Limousin*, Editions. de Borée, 160p, 2003.

BAROU J., PRADO P. (Dir.), *Les Anglais dans nos campagnes*, L'Harmattan, Paris 1995.

BEAULIEU D., BEDARD Y., BHERER L., BOULANGER M., BOUTIN G. et DUTIL F., *Guide de la géomatique. La géomatique au service de la municipalité et de la MRC*. Ordre des arpenteurs-géomètres du Québec, 80 p., 1990.

BEDART Y., *Sur les différents types de système d'information à référence spatiale*, in *Actes du congrès conjoint Carto-Québec et de l'Association canadienne de cartographie*, Québec, p73-87, 1987.

BEDART Y., BERNIER E., BADARD T., CHRISMAN N., ROCHE S. et al., *La recherche en SIG, en gestion et diffusion des données et nouvelles technologies géospatiales*, *Geomatica*, vol. 61, n°3, pp. 299-314, 2007.

BENHAMOU E., LAPLANCHE A. *Estimate of the population at the risk between 2 census records for the calculation of incidence level or mortality of cancer : comparaison of 4 methods*. *Rev Epidemiol Sante Publique* ; 39 : 71-77, 1991.

BERGERON M., *Vocabulaire de la géomatique*, Office de la langue française, Québec, 1992.

BERNARDIE-TAHIR N., BOUMEDIENE F, *Mues et remous* in l'Autre Zanzibar, Paris, Karthala, p125-151, 2008.

BERTIN J., *Sémiologie graphique. Les diagrammes – les réseaux – Les cartes*. Ed Gauthier-Villars, Paris, 1967.

BLEISE A., DANESI P.R., BURKAT W. *Properties, use and health effects of depleted uranium (DU) : a general overview*. J Environ Radioact. n° 64; 93-112., 2003.

BOUILLAGUET J., *Les Transports Express Régionaux en Limousin*, mémoire universitaire de master 1 de Géographie, Département de géographie, Université de Limoges, 2009 (a).

BOUILLAGUET J., *Tableau de bord des transports Express Régionaux ferroviaires en Limousin*, mémoire de stage, Conseil Régional du Limousin - Université de Limoges, 2009 (b).

BOUYEYRON C., DIDIER M., *Guide économique et méthodologique des SIG*, Ed Hermes, Paris, 1993.

BORDIN P., *Les SIG : concepts, outils et données*, Hermès-Lavoisier, 259 p., 2002.

BOUMEDIENE F., *La consommation de l'espace dans le Pays de Brive*, rapport méthodologique (27 pages) et Atlas A3 (80 pages), SIESDPB&CRATER, Université de Limoges, 2000.

BOUMEDIENE F., *Quand la périphérie devient centre : N'Gambo au cœur de l'agglomération Zanzibari* in l'Autre Zanzibar, Paris, Karthala, p173-188, 2008 (a).

BOUMEDIENE (F.) *Construction des marginalités résidentielles, une ville swahilie perdue dans l'agglomération Zanzibari* in l'Autre Zanzibar, Paris, Karthala, p189-204, 2008 (b).

BOUMEDIENE F., LELEU JP, QUET F, *un screening sanitaire des cancers à l'échelle du Limousin pour une surveillance sanitaire autour des anciens sites d'exploitation d'uranium*, rapport d'étude financé par l'ASN dans le cadre du GEP à la demande de l'InVs et l'IRSN, GEOLAB-RGCL, Université de Limoges, 166 p., octobre 2009.

BOUMEDIENE F., *Géodynamique de la fréquentation hebdomadaire et prospectives pour les migrants quotidiens pendulaires des TER*, (78pages), 3^{ème} volet de l'étude *Usages et Usagers des TER Limousin, d'aujourd'hui et de demain*, Conseil régional - GEOLAB,-Université de Limoges, 2010.

BRISAUD R. PLAS P., *Limoges-Bénédictins, histoire d'une gare*, Ed Lucien Soumy, Coll. Pages d'archives, Limoges, 2008.

BRUNET P., *La nature dans tous ses états, uranium, nucléaire et radioactivité en Limousin. Une approche sociologique de la question environnementale de l'industrie de l'uranium*. PULIM, Limoges, 2004.

BROOKS BR, *Clinical epidemiology of amyotrophic lateral sclerosis*. Neuroepidemiology of amyotrophic lateral sclerosis. Neuroepidemiology; 2:39-420 ; 1996.

BUZATU S., *Cellular low dose effects of ionizing radiation*, Riv Biol,; 101:279-288., 2008.

CARLUER F, RICHARD A., *Analyse stratégique de la décision*. Presses universitaires de Grenoble, colle. Economie en plus, Grenoble, 2002.

CARVER S., KINGSTON R., TURTON I., *Accessing GIS over the web: an aid to public participation in environmental decision-making*, www.geog.leeds.ac.uk/papers/98-3/. 1998

CAB. *Programme Locale de l'habitat de l'agglomération de Brive, Rapport de diagnostic*, réalisé par les bureaux d'études *Ville et Habitat* et CDI (Paris), Communauté d'Agglomération de Brive-la-Gaillarde, mars 2003.

CAB. *Programme Locale de l'habitat de l'agglomération de Brive, Stratégie-Orientations-Programmes d'actions*, réalisé par les bureaux d'études *Ville et Habitat* et CDI (Paris), Communauté d'Agglomération de Brive-la-Gaillarde, octobre 2003.

CAB. *Programme Local de l'habitat de l'agglomération de Brive, Evaluation intermédiaire 2007 du PLH [2004-2009]*, réalisé en interne, Communauté d'Agglomération de Brive-la-Gaillarde, avril 2007.

CASSAN M. *La grande peur de 1610, les français et l'assassinat d'Henri IV*, Ed. Champ Vallon, Collection *Epoques*, 280p, 2010.

CENTRE HOSPITALIER DE L'UNIVERSITE LAVAL - Département de la Santé Communautaire. *Protocole d'investigation des agrégats de nature non infectieuse*, 1996.

CHEVALLIER J.J., DAUDELIN S., *La géomatique pour l'aide à la décision en gestion des ressources naturelles : exemple de la protection des paysages forestiers*, Revue internationale de géomatique. Vol 6, p 11-25, 1996.

CHEVALLIER J.J., *SIG et gouvernance territoriale : des exemples au Québec et en Tunisie*, in *Aspects organisationnels des SIG*, Roche S. et Caron Cl.(dir.), Hermès-Lavoisier, Paris, 2004.

CHIRPAZE E., COLONNA M., VIEL JF., *L'analyse de cluster en épidémiologie géographique: utilisation de plusieurs méthodes statistiques et comparaison de leurs résultats*. Revue d'épidémiologie et de santé publique, vol. 52, n°2, pp. 139-149, 2004.

CHRISMAN N., *Building a Geograohy og Cartography : Cartographic Institution in Cultural Contexte*, conférence à la 15ème rencontre *Proceedings International Cartographic Association*, p83-92, Bournemouth, UK, 1991.

CHRISMAN N., *GIS as soical practice*, in *Technical Report 96-7*, (Coordonné par Harris t. et Weiner D.) Santa Barbara, National Center for Geographic Information and Analysis, 1996.

CORCIA P., JAFARI SCHLUEP HF., LARDILLER D., MAZYAD H., GIRAUD P., CLAVELOU P., POUGET J., CAMU W., *A clustering of conjugal amyotrophic lateral sclerosis in southern France*. Arch Neurol.; 60 : 553-7 ; 2003.

CORNELIS B., *SIG et participation(s) : comparaison d'outils et de méthodes*. Colloque *L'analyse spatiale des territoires pour favoriser la participation et la mise en réseau des acteurs*, Liège, 19 -20 octobre 2005.

COUCLELIS, H., *GIS stands for Geographic Information and Society: Some thoughts from a reformed technocrat*, conférence *aux rencontres annuelles d'AGILE* (Association Geographic Information Laboratories Europe), 1998.

COX P., SACKS OW., *Cycad neurotoxins, consumption of flying foxes, and ALS-PDC disease in Guam*. Neurology ; 58 : 956-9 ; 2002.

COX P., BANACK SA, MURCH SJ. *Biomagnification of cyanobacterial neurotoxins and neurodegenerative disease among the chamorro people of Guam*. Proc Natl Acad Sci USA,; 100 : 1380-3 ; 2003.

CRAIG, W. J., HARRIS, T. M. & WEINER, D., *Community participation and geographic information systems*, London : Taylor & Francis, 2002.

CR- LIMOUSIN, *SIG-CR Limousin : le Système d'Information Géographique du Conseil Régional du Limousin*, Comptes-rendus de 3 réunions (diffusion en interne au Conseil Régional du Limousin), entre 2001 et 2004.

CYRTIS W and al. *Motor neuron disease / amyotrophic lateral sclerosis : preliminary review of environmental risk factors and mortality in bexar county texas*. Agency for toxic substances and disease registry ; 1-28; 2002.

DAUDE E., *Systèmes multi-agents pour la simulation en géographie : vers une géographie artificielle* in *Modélisations en géographie, déterminismes et complexités*, ouvrage de la collection traité IGAT, Hermès Sciences, Lavoisier, Paris, 2005.

DAVEZIES L., *la République et ses territoires, la circulation invisible des richesses*, Ed. Seuil, collection *République des idées*, Paris, 2008.

DIDIER M., *Utilité et valeur de l'information géographique*, Ed Economica, Paris, 1990.

DOI H. and al, *Motor neuron disorder simulating ALS induced by chronic inhalation of pyrethroid insecticides*. *Neurology* ; 67 : 1894-5 ; 2006.

FEYT G., *Les métiers du territoire face aux technologies de l'information Géographique : Babel et esperanto*, in *Aspects organisationnels des SIG*, p55-70, Hermès-Lavoisier, Paris, 2004

FLEURET S., THOUÉZ JP., *Géographie de la santé, un panorama*, Ed Economica, Anthropos, Paris, 301p, 2007.

GAGNON P. et COLEMAN D.J., *La géomatique: une approche systémique intégrée pour répondre aux besoins d'information sur le territoire*. *CISM Journal ACSGC* Vol. 44, No 4, p. 383-389, 1990.

GARNIER E, SAVY B. , *Les TER en Limousin : quels usages aujourd'hui et demain ? Synthèse de l'enquête de février 2009*, GEOLAB UMR CNRS 6042 – Conseil Régional, Limoges, octobre 2009.

GENELOT D., *Manager dans la complexité*. Paris Ed. INSEP, 1992

GEP, *Deuxième rapport d'étape du Groupe d'Expertise Pluraliste sur les sites miniers d'uranium du Limousin*, IRSN, Paris, janvier-juin 2007

GEP, *Rapport final du Groupe d'Expertise Pluraliste sur les sites miniers d'uranium du Limousin*, ASN, IRSN, InVs, Paris, septembre 2010

GERMONNEAU Ph, TILLAUT H., GOMES E., *Guide méthodologique pour l'évaluation et la prise en charge des agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses*, Invs, Paris, 77p, 2005.

GIAGHEDDU M., MASCIA V., CANNAS A., *Amyotrophic lateral sclerosis in Sardinia, Italy: an epidemiologic study*. Acta Neurol Scand ; 87 : 446-54; 1993.

GIL J, FUNALOT B, TORNY F, LACOSTE M, COURATIER P. *Exogenous risk factors in sporadic ALS: a review of the literature*. Rev neurol ; 163 : 1021-30; 2007.

GIL J., PREUX PM., ALIOUM A., KETZOAINC, DESPORT JC., DRUET-CABANAC M., COURATIER P., *Disease progression and survival in ALS : first multi-state model approach*. Amyotroph. Lateral Scler.; 8:224-9 ; 2007 (b).

GRABER D R., ALDRICH T., *Working with community organizations to evaluate potential disease clusters*, Soc. Sci Med, N° 37, p1079 – p1085, 1993.

GUERMOND Y. (dir.), *Modélisations en géographie, déterminismes et complexités*, ouvrage de la collection *traité IGAT*, Hermès Sciences, Lavoisier, Paris, 2005.

GUESSOUM Z., HASSAS S, *Systèmes multi-agents (SMA)*, actes de colloques de la 17^{ème} Journées francophones sur les systèmes multi-agents (JFSMA09), Ed. Cépaduès, 280p.13 au21 octobre 2009

GUESVA CANU I., ELLIS ED, TIMARCHE M. *Cancer risk in nuclear workers occupationally exposed to uranium-emphasis on internal exposure*. Health Phys.; 94:1-17, 2008.

GUESVA CANU I., PAQUET F., GOLDBERG M., AURIOL B., BERARD P., COLLOMB P, DAVID JC, MOLINA G, PEREZ P, TIMARCHE M. *Comparative assessing for radiological, chemical, and physical exposures at the French uranium conversion plant: Is uranium the only stressor?* Int J Hyg Environ Health.; 212: 398-413., 2009.

GUNNARSON L., LYNER PE., VEIGAT-CABIT J., DE PUEDRO-CUESTA J., *An epidemic like cluster of moto neuron disease in swedish county during the period 1973-1984*. Neuroepidemiology ; 15 : 142-52; 1996.

HARLEY N.H., FOULKES E.C., HILBORNE L.H., HUDSON A., ANTHONY C.R. *A review of the scientific literature as it pertains to gulf war illness*, vol. 7, Depleted uranium. RAND, Corporation National Defense Research Institute Washington, USA (1999).

IAAT (Institut Atlantique d'Aménagement des Territoires), *Organisation générale de la santé en région, panorama des principaux acteurs de la santé, de leurs compétences et missions dans les territoires*, document de communication réalisé en partenariat avec le Conseil Régional Poitou Charente et les DRASS Centre et Poitou Charente, 2006.

INET (Institut National des Etudes Territoriales), *Les relations communes-communautés, dans la gouvernance des agglomérations*, Cahier détaché 2-46, La Gazette des communes 1816 du 5 décembre 2005.

JABET J.Y., GRELLIER J.L., *Le système d'information géographique du Conseil régional du Limousin*, revue en ligne OTeN (Observatoire des Territoires Numériques) rubrique : *Initiatives des territoires*, mai 2003.

JANKOWSKI, P. & NYERGES, T. L., *Geographic information systems for group decision making - Towards a participatory, geographic information science*, London : Taylor & Francis, 2001.

JOHANSEN C., OLSEN JH. *Mortality from ALS, other chronic disorder and electric shocks among utility workers*. Am J Epidemiol ; 148 : 362-8 ; 1998.

JOLIVEAU Th., *Gérer l'environnement avec des SIG. Mais qu'est-ce qu'un SIG ?*, Revue de Géographie de Lyon, n°71, p101-110, 1996.

JOLIVEAU Th., *Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherches sur un usage géographique des SIG*. Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Rouen, 2 vol. 504 p. 2004.

KHEIFETS L and al. *Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields : review and recommandations*. Occup Environ Med, ; 66 : 72-80 ; 2009.

KINGSTON R., CARVER S., EVANS, A., TURTON I., *Virtual decision making in spatial planning: web-based geographical information systems for public participation in environmental decision making*, 1999.

KINGSTON R., CARVER S., EVANS A., TURTON I., *Web-based public participation geographical information systems: an aid to local environmental decision-making*”, *Computers, Environment and Urban Systems*, 24, pp.109-125, 2000.

KOUASSI I., *Sclérose latérale amyotrophique en Limousin : facteurs professionnels et polluants industriels*, Thèse de médecine sous la direction de M. Druet- Cabanac, NeTeC, Université de Limoges, 2008.

LA GAZETTE..., *Nouvelles technologies : l'agglomération de Brive joue la carte de l'information géographique*, in *La gazette des communes* n° 1832, rubrique Initiatives p 37, avril 2006

LAMY C. *Les logements sociaux dans l'agglomération de Brive*, TER master 1 et 2 de géographie 2008 et 2009, département de géographie, Université de Limoges

LANGLOIS E., *Contribution des systèmes d'information géographique à la territorialisation des espaces forestiers privés : l'exemple d'une recherche-action en Auvergne.*, Thèse de doctorat de Géographie, Université Blaise-Pascal, Clermont II, 533 p., 2006.

LANGLOIS P., REGUER D. *La place du modèle et de la modélisation en Sciences Humaines et Sociales, Modélisations géographie, Déterminismes et complexités*, Chap. 1, pp 35-48 (14), Y. Guermond (dir), Ed Hermès, 2005.

LAURINI, R., *Groupware for urban planning : an introduction*, *Computers, Environment and Urban Systems*, 22(4), pp.317-333, 1998.

LEVY J. et LUSSAULT M, *Dictionnaire de la géographie et de l'espace et des sociétés*, Ed Belin, Paris, 2003.

LIVRE BLANC, *Les communautés de pratique : analyse d'une nouvelle forme d'organisation & panorama des bonnes pratiques*, Knowings et le Pôle productique Rhône-Alpes, 2004.

MAJOR W., GOLAY F., *SIG, cognitions et métiers* in *Aspects organisationnels des SIG*, Roche S. et Caron Cl.(dir.), Hermès-Lavoisier Paris, 2004.

MARTEL J.M., *Aide multicritère à la décision*, département d'opérations et systèmes de décision, Faculté des sciences administratives, Université de Laval, 1988.

MAGUIRE D.J., *Computers in Geography*, Essex, Longman Scientific & Technical.248, 1989.

- Mc GUIRE V et al, *Occupational exposures and amyotrophic lateral sclerosis. A population-based case-control study*. Am J Epidemiol ; 145 : 1076-88 ; 1997.
- METCALF JS. et al, *Co-occurrence of beta-N-methylamino-L-alanine, a neurotoxic amino acid with other cyanobacterial toxins in British waterbodies, 1990-2004*. Environ Microbiol; 10 : 702-8 ; 2008.
- MILLER M. et THERIAULT M., *Les systèmes d'information géographique ou la dernière tentation du géographe* in *Cahiers de géographie du Québec*, Vol 34, n°91 : 81-85, 1991.
- MILLOT C. *Intégration de l'information géographique dans le traitement de l'alerte : la démarche du SDIS 89 (Service Départemental d'Incendie et de Secours de l'Yonne)*, Géomatique Expert, n°64 août-septembre 2008, p42-47.
- MIRANDA ML et al., *Spatial analysis of the etiology of amyotrophic lateral sclerosis among 1991 Gulf War veterans*. Neurotoxicology;29:964-70 ; 2008.
- MULDER DW., KURTLAND LT., *Motor neuron disease Epidemiologic studies*. Adv Exp Med Biol ; 209 : 325-32 ; 1987.
- NOUCHER M., *Quels leviers d'actions pour rendre nos SIG plus collaboratifs ?* Conférence à la rencontre annuelle du Géoévénement 2006, Paris.
- NOUCHER M., *Mutualisation de l'information géographique : infrastructure de données spatiales ou communautés de pratique ?* Bulletin e-geo-ch, juillet 2009.
- NYERGES T. L., MONTEJANO R., OSHIRO C. & DADSWELL M., *Group-based geographic information systems for transportation improvement site selection*, Transportation Research Part C, 5 (6), pp. 349-369, 1997.
- ORS, ARS Limousin, *Diagnostics territoriaux de santé en Limousin, territoire du Haut Limousin (Haute-Vienne)*, rapport n°201, mai 2010.
- ORS, DRASS Limousin, *Les inégalités socio-sanitaires en Limousin, une analyse multidimensionnelle à l'échelon des cantons et des territoires de santé*, rapport n°167, mars 2007.
- PABLO J et al, *Cyanobacterial neurotoxin BMAA in ALS and Alzheimer's disease*. Acta Neurol Scand, 2009.

PERIBOIS C., *SIG et démocratie participative : Mythe ou réalité ?* Revue Territoires, n°476, Adels, Paris, 2007.

PORNON H., *Les SIG, mise en œuvre et applications*. Hermès, Paris, 1992.

PORNON H., *Systèmes d'Informations Géographique, Pouvoir et organisations. Géomatique et stratégies d'acteurs*. L'Harmattan, Paris, 1998.

PORNON H., *Ingénierie des SIG : Comment les SIG entrent dans les organisations* in *Aspects organisationnels des SIG*, Roche S. et Caron Cl.(dir.), Hermès-Lavoisier Paris, 2004.

PORNON H., *Le SIG, un outil transversal : mythe ou réalité ?* Conférencier invité à la rencontre annuelle du Géoévénement, Paris, 2006.

PORNON H., *Bilan et perspectives de 20 années de Géomatique*, Géomatique Expert, n°57-58-59, juin-...-novembre 2007, Paris, 2007.

PREUX PM., DRUET-CABANAC M., COURATIER P., DEBROCK C., TRUONG T., BOUTROS TONI F., VALLAT JM., DUMAS M. *Estimation of amyotrophic lateral sclerosis Incidence by Capture-Recapture Method in Limousin Region, France*. J Clin Epidemiol ; 53 : 1025-9 ; 2000.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN Th., *L'analyse spatiale, tome 1 : Les localisations dans l'espace*, Armand Colin, collection « Cursus », 1997.

QUERSHI MM., HAYDEN D., URBINELLI L., *Analysis of factors that modify susceptibility and rate of progression in amyotrophic lateral sclerosis (ALS)*. Amyotroph Lateral Scer ; 7: 173-82 ; 2006.

RICHARD F., BOUMEDIENE F., N'BINKENA, *Géodynamiques des migrations vers le Limousin, Rapport d'études : analyse socio-spatiale des nouveaux arrivants en Limousin, pour le compte du Conseil régional du Limousin*, GEOLAB Université de Limoges, 100 p., 2009.

ROCHE S., *Enjeux de l'appropriation sociale des technologies de l'information géographique pour l'aménagement territorial, Etudes de cas en France et au Québec*. Doctorat de Géographie, Angers, Université d'Angers, 362p.+110p, 1997.

ROCHE S., *Les enjeux sociaux de Systèmes d'Information Géographique, Les cas de la France et du Québec*, éditions de L'Harmattan, collection géographie sociale, Paris, 158 p, 2000.

ROCHE S., *Impiego sociale delle tecnologie d'informazione geografica e partecipazione territoriale*, in Casti E. (dir), *Cartografia e progettazione territoriale*, De Agostini Scuola SpA, pp. 164-177, 2007.

ROCHE S., CARON C., *Aspects organisationnels des SIG*, série du traité IGAT, Lavoisier-Hermès, Paris ; 313 p., 2004.

ROCHE S., HODEL T., *L'information géographique peut-elle améliorer l'efficacité des diagnostics des territoires ?*, *Revue internationale de géomatique*, vol14-1 ; p9-34 ; 2004.

ROCHE S., HUMEAU J.B., *La diffusion spatiale des Technologies de l'Information Géographique en France*, *MapMonde* n°53, 1999.

ROCHE S., KIENE B. et CARON C., *L'intelligence collective géospatiale au service du diagnostic de territoire : GEOdoc*, *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information RNTI*, E-13, pp. 43-62, 2008.

ROCHE S., RAVELEAU B., *Usages sociaux et modèles d'adoption des SIG* in *Aspects organisationnels des SIG*, Roche S. et Caron Cl.(dir.), Hermès-Lavoisier Paris, 2004.

RODGERS-JOHNSON P, GARUTO RM, YANIGIHARA R, Chen KM, GAJDUSEK DC, Gibbs CJ. *Amyotrophic lateral sclerosis and parkinsonism-dementia on Guam: a 30-year evaluation of clinical and neuropathology trends*. *Neurology* - n°36 p.7-13, 1986.

RON E. *Ionizing radiation and cancer risk: evidence from epidemiology*. *Radiat Res.*; 150: S30-41., 1998.

ROTHMAN KJ., *A sobering start for the cluster buster's conference*. *Am J Epidemiol* ; 132 (1 supp.) : S6-13 ; 1990.

SABEL CE., BOYLE PJ., LÖYTÖNEN M., GATRELL AC., JOKELAINEN M., FLOWERDEW R., MAAILTA P., *Spatial clustering of ALS in Finland at place and birth*. *American Journal Epidemiology* ; 157: 898-905 ; 2003.

SAINDOIN M., LANDRY M., BANVILLE C., *Pour un élargissement de la conception du changement informatique*, tiré à part, Université de Laval, Québec, 1992.

SALEM G., RICAN S., JOUGLA E., *Atlas de la santé en France, les causes des décès (vol 1)*, Ed. John Libbey Eurotext, Paris,, 189. p., 1999

SALEM G., RICAN S., KURZINGER ML. E., *Atlas de la santé en France, comportements et maladies (vol 2)*, Ed. John Libbey Eurotext, Paris, 221. p. 2006

SANSONE C., MORF CC., PANTER, A. T., *The Sage Handbook of Methods in Social Psychology*, SAGE, 2004, p. 119.

SCHOLTEN M. et VAN DEN VLIGHT M., *A review of Geographic Systems application in Europe*, in *Geographic Information Systems : development an applications*, Worrall, Londres, Belhaven Pres, p13-40, 1990.

SCOTT KM., ABHINAV K., STANTON BR., JOHNSTON C., TURNER MR., AMPONG M., SAKEL M., ORRELL RW., HOWARD R., SHAW CE., LEIGH PN., CHALABI AA., *Geographical Clustering of Amyotrophic Lateral Sclerosis in south-East England : a population study*. *Neuroepidemiology* ; 32 : 81-88 ; 2009.

SHEPPARD E., *GIS and Society : Towards a Research Agenda*, *Cartography and GIS*, Vol. 222, n°1, p5-16, 1995

SIESDPB., *Schéma Directeur du Pays de Brive, construire ensemble un espace de vie pour demain*, Syndicat Intercommunal pour les Etudes du Schéma Directeur du Pays de Brive, novembre 2000.

SIMON G., *Géodynamique des migrations internationales dans le monde*, PUF, 1995.

SIMON H. A., *The New Science of Management Decision*, Harper and Row, New York, 1960.

STEMPFLELET M., *L'utilisation des SIG en santé environnementale à l'InVs*, Communication scientifique aux rencontres annuelles SIG 2009 (ESRI), 1^{er} octobre 2009, Paris.

TAYLOR JA, DAVIS JP. *Evidence for clustering for ALS in Winconsin*. *Journal Epidemiology* ; 42: 569-75; 1989.

THERIAULT M., *Systèmes d'information géographique, concepts fondamentaux*. Université de Laval (Québec), notes et documents de cours n°12. 165p, 1995.

THOUEZ JP., *Santé, maladies et environnement*, Ed Economica, Anthropos, Paris, 137p, 2005.

TIMARCHE M, BAYSSON H, TELLE-LAMBERTON M., *Uranium exposure and cancer risk: a review of epidemiological studies*, Rev Epidemiol Sante Publique ; **52**:81-90, 2004.

TOMLINSON R. F., *A geographic information system for regional planning*. In *Land Evaluation*, ed. G. A. Stewart. Papers of CSIRO Symposium, Canberra, August 1968. Macmillan of Australia, South Melbourne, Australia, 1968.

TOWNSEND P., *Deprivation*, Journal of Social Policy, 16: 125-146, 1987.

TURABELIDZE G, ZHU BP, SHOOTMAN M, MALONE JL, HOROWITZ S, WEIDENGER J, WILLIAMSON D, EDUARDO S., *An epidemiologic investigation of amyotrophic lateral sclerosis in Jefferson County, Missouri, 1998-2002*. Neurotoxicology ; **29** : 81-6 ; 2008.

TURKUCU A. et ROCHE S., *Classification fonctionnelle des "Public Participation GIS"*, Revue internationale de géomatique, vol. 18, n°3-4, pp. 11-24, 2008.

UCCELLI R., BINAZZI A., ALTAVISTA P., COMBA P., MASTRANTONIO M., VANACORE N., *Geographic distribution of ALS through motor neuron disease mortality data*. Eur J Epidemiolog ; **22** : 781-90 ; 2007.

UCGIS (University Consortium for Geographic Information Science), *Research priorities for geographic information science*, Cartography and Geographic Information Systems, 23 (3), pp. 115-217, 1996.

VENZAL-BARDE C. *Gestion d'un territoire contaminé accidentellement par une pollution radioactive*, Géomatique Expert, n°64 août-septembre 2008, p36-41.

VIEL JF., *La régression de Poisson en épidémiologie*. Revue Epidémiologique de Sante Publique; n°42:p79-87, 1994.

VIGNERON E., *Pour une approche territoriale de la santé* Editions de l'aube, DATAR, 286 p. 2003.

VRIJHEID M, CARDIS E, ASHMORE P, AUVIVEN A, GILBERT E, HABIB RR, MALKER H, MUIRHEAD CR, RICHARDSON DB, ROGEL A, SCHBAUER-BERIGNAN M, TARDY H, TELLE-LAMBERTON M; 15-Country Study Group. *Ionizing radiation and risk of chronic*

lymphocytic leukemia in the 15-country study of nuclear industry workers. Radiat Res.; 170: 661-665. , 2008.

WAKEFORD R. *The cancer epidemiology of radiation, Oncogene; 23:6404-6428., 2004.*

WEBER. C., *Le systèmes d'information géographique : une mode ou un nouveau concept pour l'aménagement de l'espace ?*, Revue des sciences de l'information géographique et de l'analyse spatiale. Vol 1 – 1 ; p11-21 ; 1991.

WENGER E., *Communities of practice : learning, Meaning, and Identity*, Cambridge University Press, 1998.

WENGER E., *Communities of practice : the organizational frontier*, Havard Business Review Press, 2000.

WENGER E., McDermott R., SNYDER W., *Cultivating communities of practices*, Havard Business Review Press, 2002.

ZANINETTI J.M., *Statistique spatiale, méthodes et applications géomatiques*. 320 p., Hermes Science Publishing Lavoisier Paris-Londres, 2005.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Vue globale sur la géomatique.....	9
Figure 2 : TIG, densité de population et PIB en France au début des années 2000.....	31
Figure 3 : Perceptions du territoire par les acteurs professionnels de l'aménagement.....	41
Figure 4 : Rôle d'un Système d'Information dans le fonctionnement d'une organisation	46
Figure 5 : Repère de classification de SIG municipaux, Roche (2000) modifié.....	48
Figure 6 :L'aide à la décision d'un SIG dans le cycle de gestion territoriale.....	50
Figure 7 : Le cadre analytique de la recherche-actions, une méthodologie commune dans les actions-recherche	56
Figure 8 : Chronologie de l'approche rétrospective sur les SIG et de l'approche prospective de l'usage des TIG, dans les prises de décisions de la gestion territoriale	70
Figure 9 : Localisation de Brive- la-Gaillarde	79
Figure 10 : Structuration du chapitre II sur une logique chronologique.....	81
Figure 11 : Schéma Directeur 2000 et superposition de quelques intercommunalités dans les environs de Brive-la-Gaillarde depuis 1999.....	84
Figure 12 : Acquisition de l'information géographique de l'occupation du sol (1999)	93
Figure 13 : Principes retenus pour la classification des dynamiques diachroniques (1999)....	94
Figure 14: Restitution à l'échelle infra communale, exemple de la commune de Malemort...	97
Figure 15 : Exemples de restitution des résultats intercommunaux à l'échelle du Pays.....	98
Figure 16 : Identification du foncier mobilisable sur le territoire de la CAB	110
Figure 17 : Premiers résultats sur la commune de Malemort	115
Figure 18 : Détails des parcelles classées « favorables » sur la commune de Malemort	116
Figure 19 : Carte de l'Habitat (carte de synthèse) remise au maire de Malemort	117
Figure 20 : Evolution des demandes de const. sur la commune de Varetz (1990 – 2005)	119
Figure 21 : le géoportail généraliste de la CAB	132
Figure 22 : SPANC, exemple d'application « métier » relative à l'assainissement	135
Figure 23 : Carte de l'Habitat de Malemort révisée en 2008.....	139
Figure 24 : Analyse comparée des Cartes de l'Habitat 2005 et 2008	140
Figure 25 : Diagnostic des déperditions thermiques dans le bourg d'Allasac.....	142
Figure 26 : Connexion à la cartothèque numérique du SIG-CR Limousin.....	160

Figure 27 : Interface multi-thème du SIG-CR Limousin	162
Figure 28 : Interface « utilisateur » pour les requêtes attributaires du SIG-CR Limousin	163
Figure 29 : Interface d'aide à la décision dans le cadre de l'application du schéma éolien régional [SIG-CR Limousin].....	164
Figure 30 : Migrations résidentielles interrégionales avec le Limousin (1990- 1999).....	172
Figure 31 : Démographie et migrants interrégionaux du Limousin (1990-1999).....	174
Figure 32 : exemples de cartes "origine-destination"	178
Figure 33a : Les retraités qui s'installent en Limousin entre 1990 et 1999	180
Figure 34 : Statistiques de la CAH servant à la typologie des territoires Limousin	184
Figure 35 : Pyramides des âges des limousins et des néo-arrivants,	186
Figure 36 : Lieux d'installation des néo-arrivants des classes d'âge inactives	188
Figure 37 : Origines /Destinations selon le niv. d'activités des néo-arrivants (1990-1999)	191
Figure 38 : Origines / Destinations des néo- arrivants définis selon les CSP (1990-1999)	193
Figure 39a : Quotient de délocalisation des néo- arrivants par CSP (1990-1999)	194
Figure 40 : Classification des communes à l'égard de leur profil migratoire	197
Figure 41 : Présentation générale du réseau TER Limousin.....	202
Figure 42 : Fréquentation quotidienne selon les comptages SNCF (déc. 2007-mars 2008)	210
Figure 43 : Distribution spatiale des voyageurs en milieu de journée (lundi à jeudi).....	213
Figure 44 : Délimitation des aires d'attractivités des gares (exemple de la ligne 3)	215
Figure 45 : Comparaison entre les utilisateurs potentiels et les usagers sur les horaires quotidiens de déplacements domicile-travail ou domicile-études, par gare (exemple de la ligne 3).....	216
Figure 46 : Distribution spatiale des voyageurs du matin d'un jour ouvrable classique.....	220
Figure 47 : Distribution spatiale des voyageurs en fin d'après midi d'un jour ouvrable classique.....	221
Figure 48 : Distribution spatiale des voyageurs du lundi matin (arrivés avant 9h)	222
Figure 49 : Distribution spatiale des voyageurs du vendredi soir (entre 16h30 et 20h30)	223
Figure 50 : Ecart entre les utilisateurs potentiels et la fréquentation des gares pour les déplacements pendulaires quotidiens (salariés et scolaires-étudiants) de la ligne 4.....	225
Figure 51 : Ecart entre les utilisateurs potentiels et la fréquentation des gares pour les déplacements pendulaires quotidiens (salariés et scolaires-étudiants) de la ligne 10.....	226

Figure 52 : Ecart entre les utilisateurs potentiels et la fréquentation des gares pour les déplacements pendulaires quotidiens (salariés et scolaires-étudiants) de la ligne 11.....	227
Figure 53 : Fréquentation à destination de Limoges, le matin avant 9h, les jours ouvrables « classiques »	228
Figure 54 : Fréquentation en provenance de Brive, les fins d'après midi (16h30 à 20h30), ...	229
Figure 55 : Fréquentation hebdomadaire sur le réseau ferré TER Limousin	230
Figure 56 : Distribution des voyageurs par ligne.....	231
Figure 57 : Utilisation du réseau ferré TER en fonction des types de déplacements.....	234
Figure 58 : Potentiel d'accroissement des déplacements quotidiens	238
Figure 59 : Bilan mitigé de la contribution de la géomatique dans le fonctionnement du cycle de la gestion territoriale au cours de la décennie 2000.....	253
Figure 60 : carte des Registres des cancers en France métropolitaine.....	269
Figure 61 : Exemple de codification d'une tumeur selon la classification CIMO-3	286
Figure 62 : Les sources d'informations sollicitées par le Registre Général des Cancers du Limousin.....	287
Figure 63 : Cartes des sous-incidences des pathologies cancéreuses à l'échelle cantonale : hétérogénéité de l'incidence, fuites d'enregistrements, absence de diagnostic , etc.....	288
Figure 64 : Schéma simplifié du calcul du SIR par la méthode de standardisation indirecte	291
Figure 65 : Principe de la méthode de l'Epicentre géographique.....	300
Figure 66 : principe du balayage de la statistique de Kulldorf	301
Figure 67 : Représentations spatiales des résultats de la statistique de Kulldorf.....	303
Figure 68 : Valeurs de l'indice communal EASEU pour le Limousin	308
Figure 69 : Valeurs de l'indice communal Activités polluantes	309
Figure 70 : Valeurs de l'indice communal ICPE.....	310
Figure 71 : Valeurs de l'indice communal Haute Tension.....	311
Figure 72 : Valeurs de l'indice communal PHYTO.....	312
Figure 73 : Valeurs de l'indice communal ROUTES.....	313
Figure 74 : Valeurs de l'indice communal RADON	314
Figure 75 : SIR, distribution observée, loi de Poisson et loi binomiale négative	318
Figure 76 : Schéma récapitulatif de la méthode	324

Figure 77 : Démographie, carte administrative et anciens sites d'exploitations d'uranium en Limousin.....	329
Figure 78 : Fiche de synthèse préconisée, Toutes localisations Femme [1998-2004].....	332
Figure 79 : Fiche de synthèse préconisée, Prostate [1998-2004]	333
Figure 80 : Fiche de synthèse préconisée, Reins [1998-2004].....	334
Figure 81 : Indicateurs utiles à l'interprétation, toutes localisations [1998-2004].....	338
Figure 82 : Incidence du sein dans les communes en périphérie des anciens sites d'exploitation d'uranium.....	340
Figure 83 : Valeur des SIR pour la commune de Bessines sur Gartempe (1998-2004).....	341
Figure 84 : Indicateurs utiles à l'interprétation, Thyroïde [1998-2004]	343
Figure 85 : Indic. utiles à l'interprétation, Colon- Rectum-Sigmoïde-Anus [1998-2004].....	345
Figure 86 : Indicateurs pour l'interprétation, Tumeurs cutanées épidermoïdes [1998-2004]	346
Figure 87 : Indicateurs utiles à l'interprétation, Rein [1998-2004]	348
Figure 88 : Limite liée à l'évolution de la population entre deux recensements	351
Figure 89 : Exemple de données complémentaires pour le modèle multivarié	352
Figure 90 : Méthode de mesure d'incidence amont-aval d'un bassin versant.....	355
Figure 91 : Deux sources d'informations distinctes.....	370
Figure 92 : Principes théoriques du modèle GEO_CAS.....	373
Figure 93 : SIR bruts et SIR Lissés de SLA en Limousin (1997-2007)	379
Figure 94 : Autocorrélation spatiale et Epicentres géographiques de SLA.....	382
Figure 95 : les 3 agrégats spatiaux de SLA en Limousin (1997-2007).....	384
Figure 96 : Incidence de SLA (1997-2007) et réseau Haute Tension en Limousin.....	390
Figure 97 : Géoportail Carto@Santé permettant la mise en ligne des principaux indicateurs de l'URCAM Limousin, à destination du grand public et des professionnels de santé.....	407
Figure 98 : Analyse multidimensionnelle des inégalités socio-sanitaires par canton en Limousin.....	410
Figure 99 : Contribution des TIG dans le cycle de gestion territoriale théorique de la Santé à l'échelle régionale	412
Figure 100 : Perspectives des TIG et du cycle de la gest. territoriale pour la décennie 2010.	428
Figure 101 : Exemples de méthodes participatives appliquées au SIG (Cornelis, 2005)	440
Figure 102 : Aperçu des inégalités géographiques dans la diffusion des TIG en France	450

LISTE DES ENCADRES STATISTIQUES

Équation 1 : le Ratio Standardisé d'Incidence (SIR)	292
Équation 2 : L'intervalle de confiance à 95% selon la loi de Poisson	294
Équation 3 : le test de Potthoff et Whittinghill	295
Équation 4 : le I de Moran	296
Équation 5 : Statistique de détection d'agrégat selon Kulldorf.....	302
Équation 6 : Statistique de la régression de Poisson.....	317
Équation 7 : Statistiques de la distribution selon la loi de Poisson et Loi Bin. Négative.....	319

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Perceptions professionnelles des acteurs de l'aménagement sur l'utilisation des TIG, d'après Roche (2000)	40
Tableau 2 : Le continuum des SIRS d'après Bédart (1987), Thériault (1995) et Joliveau (1996) in Joliveau (2004)	49
Tableau 3 : Indicateurs spatiotemporels pour la restitution des résultats.....	96
Tableau 4 : les valeurs seuils des critères favorables à l'implantation de logements sociaux	111
Tableau 5 : Objectifs et constructions effectives de logements sociaux entre 2004 et 2006	122
Tableau 6 : Révision 2008 des critères pour la réalisation de la carte de l'Habitat.....	137
Tableau 7 : Logiques d'interprétations des cartes quantitatives dans le réseau TER	219
Tableau 8 : les 7 gares présentant les meilleures efficacités (lundi au vendredi).....	232
Tableau 9 : les 7 gares présentant les meilleures efficacités (samedi et dimanche).....	233
Tableau 10 : Pathologies cancéreuses sélectionnées pour leur intérêt étiologique	285
Tableau 11 : Matrice de corrélation des facteurs environnementaux	315
Tableau 12 : Comparaison des modèles Poisson et quasi Poisson multivariée sur un quorum à l'hétérogénéité significative (toutes localisations cancéreuses chez l'homme [1998-2004])	320
Tableau 13 : Régressions de Poisson et quasi Poisson (EASEU / thyroïde femme)	321
Tableau 14 : Modèle final sur le quorum « cancer thyroïde femme »	322
Tableau 15 : Régression pas à pas sur le quorum « cancers thyroïde femme »	323
Tableau 16: Localisations cancéreuses les plus fréquentes chez l'homme et la femme, à partir du RGCL (1998-2004) et comparaison avec les données Francim	328
Tableau 17 : tableau d'aide à la décision	336
Tableau 18 : les 5 communes sur incidentes en Limousin (SLA, 1997-2007)	380
Tableau 19 : Incidence de SLA et Industrie Manufacturière en Limousin (1997-2007)	386
Tableau 20 : Incidence de SLA et stations d'épuration en Limousin (1997-2007)	388
Tableau 21 : Incidence de SLA (1997-2007) et type de traitement des stations d'épuration..	389
Tableau 22: Incidence de SLA (1997-2007) et Industrie extractive en Limousin	391
Tableau 23 : Incidence de SLA (1997-2007) et Gestion des déchets en Limousin.....	392
Tableau 24 : Incidence de SLA (1997-2007) et stockage de matières polluantes.....	393

TABLE DES MATIERES

Remerciements	3
Introduction générale	7
Définitions d'un néologisme et de deux acronymes : géomatique, TIG et SIG.	8
Une réflexion à posteriori, dans le parcours d'un géomaticien universitaire.....	11
Ingénierie géomatique, gestion territoriale et prises de décisions	13
Aménagement du territoire et géo-épidémiologie environnementale en Limousin	15
CHAPITRE I : GEOMATIQUE, GESTION TERRITORIALE ET AIDE A LA DECISION	17
Introduction du chapitre I	21
I. Les missions de la géomatique : de la gestion territoriale aux prises de décisions concertées	22
A. Géomatique expérimentée et géomatique innovante	23
1. Géomatique expérimentée de la gestion territoriale : quelles spécificités se dégagent des SIG selon les échelles spatiales des territoires de compétences ?	23
2. Géomatique innovante d'intérêt scientifique (ex : santé publique): atouts et verrous d'une production d'information géographique utile aux gestionnaires des territoires	26
B. Études de cas en Limousin	30
1. L'usage expérimenté des TIG par les gestionnaires du territoire : intercommunalités et collectivités territoriales.....	32
2. Prospection sur un usage géomatique d'intérêt territorial : produire des informations géoépidémiologiques utiles aux acteurs de la Santé Publique en région et aux gestionnaires des territoires	34
II. Contexte scientifique : sociologie et géographie des SIG	36
A. Le contexte sociologique dans l'étude des SIG	38
1. L'étude des usages de la géomatique : une approche dominée par la sociologie.....	38
2. Connaître la culture géomatique des acteurs territoriaux.....	40
B. La géographie de l'Information Géographique	43
1. Approche spatio-temporelle dans la construction sociale des SIG	43
2. Répartition spatiale des systèmes de production et de consommation de l'IG	44
III. Méthodologie : actions-recherche et cadre de concertations	45
A. Une lecture théorique de la contribution des TIG pour la gestion et les prises de décisions afférentes à la gestion territoriale	45
1. Vision théorique d'un SIG dans un Système d'Information (SI).....	46
2. Le passage des TIG au SIG	47
3. SIG, cycle de gestion territoriale et prise de décision	50
B. La recherche-action, de la théorie à la pratique	53
1. L' action-recherche, une démarche « critiquable »	53
2. Les 5 étapes d'une méthodologie adaptée à chaque action-recherche	55
Conclusion du chapitre I.....	59
PREMIERE PARTIE	63
Introduction de la première partie	67
Entre 2000 et 2010, une évolution considérable de la culture géomatique.....	68
Une étude de cas à grande échelle : <i>géomatization</i> des intercommunalités.....	71
Une étude de cas à petite échelle : diagnostics territoriaux pour le Conseil régional	72

CHAPITRE II : SIG ET INTERCOMMUNALITES - Historique des pratiques géomatiques dans les intercommunalités de Brive-la-Gaillarde (1999-2009)	75
Introduction du chapitre II	79
I. Pays et Communauté d'agglomération de Brive-la-Gaillarde (1999-2009)	82
A. Le SIESDPB (1997-2001)	83
1. La géomatique dans les études du Schéma Directeur de Pays.....	83
2. Un Pays devancé par une Communauté d'Agglomération, avant même d'exister	85
B. La CAB (depuis 2001)	85
1. Les services techniques peu consommateurs de TIG.....	86
2. Les services tech. aux compétences territoriales favorables au développement d'un SIG.....	86
II. Etude de cas à l'échelle du Pays (2000) : diachronie de l'usage des sols (1977-1994) au service du Schéma Directeur	88
A. Une quête d'informations géographiques inédites	89
1. Une vision simplifiée de l'usage des sols	89
2. Objectifs des commanditaires	90
B. Méthodologie et cartographie	91
1. L'acquisition de l'information géographique	91
2. Le traitement pour une analyse diachronique spatialisée.....	92
C. Ce qui se cache derrière l'effet « nouvelles technologies »	99
1. Des résultats à l'attention des maires, au dépens d'une réflexion intercommunale	100
2. Une technologie au service de la communication d'un projet politique territorialisé	101
III. Etude de cas à l'échelle de la Communauté d'Agglomération (2005) : cartographie prospective pour des opérations de préemption foncière permettant l'implantation de logements sociaux	103
A. Relever le défi d'une politique intercommunale sur le thème du logement social	105
1. Le Programme Local de l'Habitat (PLH).....	105
2. Le logement social, entre politique publique et construction résidentielle	106
B. Référentiels géographiques et cartographie participative	107
1. Phase 1 : mise en place du référentiel à grande échelle (février - septembre 2004).....	107
2. Phase 2 : protocole d'identification des réserves fonc. optimales (sept. 2004 – fév. 2005).....	111
3. Phase 3 : formalisation des résultats obtenus (février - juin 2005)	113
C. Bilan de l'outil d'aide à la décision	120
1. Une remise en cause d'un document « non réglementaire ».....	120
2. L'évaluation quantifiée du PLH à mi-parcours (2007)	121
3. Un document d'aide à la décision à revoir, mais une technologie adoptée	123
IV. Pérennisation du SIG de la CAB depuis 2005	127
A. Un géoportail, outil indispensable ?	128
1. La concurrence des structures nationales et départementales	128
2. La création du géoportail de la CAB.....	130
B. Le SIG et les applications « métiers » du géoportail en 2009	133
1. La plateforme technique du SIG.....	133
2. Les applications métiers du Géoportail.....	134
C. Exemples de démarches géomatiques ponctuelles	136
1. Actualisation de la <i>Carte de l'Habitat</i> en 2008	136
2. Cartographie des déperditions thermiques au sein des espaces résidentiels.....	141
Conclusion du chapitre II	144
Facteurs contextuels favorables au développement des SIG dans les intercommunalités	144

Spécificités d'un SIG d'intercommunalité	146
SIG, aide à la décision et intérêts intercommunaux	147

CHAPITRE III : SIG ET COLLECTIVITES TERRITORIALES - Pratiques géomatiques

contemporaines au Conseil Régional Limousin	151
Introduction du chapitre III	155

I. Contexte géomatique au Conseil régional Limousin

A. Mise en place du SIG-Cr Limousin	157
1. Les principales étapes de la mise en place	157
2. Un SIG dans le système d'informations de la collectivité	158
3. Au-delà de l'inventaire des équipements, des objectifs d'exploitation difficiles à mettre en œuvre	158
B. Une ressource technologique mutualisée	159
1. La cartothèque	160
2. L'interface multi-thèmes et les données métiers	161
3. Potentiel d'usages pour l'utilisateur	162
C. L'aide à la décision par le SIG, entre les services techniques et les élus-décideurs de la collectivité	165
1. Le SIG dans les services techniques, limites et contraintes	165
2. Relations entre la décideurs et les représentations spatiales	166

II. Etude de cas : géodynamiques des migrations résidentielles vers le Limousin

A. Contexte et objectifs	170
1. Les néo-arrivants, un flux de population stratégique pour le développement du territoire régional	170
2. Atouts et/ou contraintes pour la cohésion du territoire	173
B. Méthodologie et cartographie	176
1. Une source d'information adaptée : MOBRES-Insee	176
2. Mise en œuvre d'un géo-diaporama	177
3. L'approche multivariée pour les essais de synthèse	183
C. Un géo-diaporama à l'attention de gestionnaires du territoire	185
1. Du mini-atlas... ..	186
2. ...au « géo-diaporama-diagnostic »	190
3. Vers l'identification de territoires d'actions	197

III. Etude de cas : géodynamiques des migrations régulières dans les TER

A. Contexte et objectifs	201
1. Le réseau TER ferroviaire, de l'héritage à l'outil de développement	201
2. Autorité Organisatrice des Transports, quels moyens d'actions ?	204
3. Contribuer à l'élaboration d'un outil d'aide à la décision	205
B. Méthodologie	207
1. Les échelles spatiales et temporelles	207
2. Les sources d'Informations	208
3. La démarche : état des lieux et prospectives	211
C. Résultats obtenus	217
1. Le géo-diaporama commenté, une première étape à l'attention des chargés de missions... ..	217
2. Essai de synthèse régionale	230
3. Les informations géographiques compilées (ou constituées) et transférées au Conseil régional du Limousin	240

Conclusion du chapitre III	243
----------------------------------	-----

Conclusion de la première partie	249
Les évolutions majeures liées à des facteurs extérieurs aux organisations (2000-2010)	249
Bilan de la contribution de la géomatique dans le cycle de la gestion territoriale	252
Des pratiques communes mais des usages différenciés selon les échelles de compétences	256
DEUXIEME PARTIE	263
Introduction de la seconde partie : La surveillance sanitaire en France et les TIG : de la détection de structures spatiales agrégatives de cas incidents aux relations avec l'environnement	267
La structuration progressive de référentiels d'informations sanitaires en France	268
Un premier usage des TIG : identifier les structures spatiales agrégatives	269
Un second usage : mettre l'incidence en relation avec l'environnement	271
Nos objectifs	272
Deux études de cas au service de l'investigation géomatique	273
CHAPITRE IV : TIG ET DIAGNOSTICS TERRITORIAUX DE MALADIES FREQUENTES - distribution infrarégionale des principaux cancers en Limousin et premières investigations environnementales sur les anciens sites d'exploitation d'uranium	275
Introduction du chapitre IV	279
En collaboration avec différents acteurs de la veille sanitaire	279
Des objectifs méthodologiques sur un terrain d'expérimentation régional	281
I. Méthodologie pour l'étude de la distribution géographique des principaux cancers incidents en Limousin	282
A. La constitution de(s) quorum(s)	283
1. Intérêts étiologiques pour la sélection des quorums	283
2. La base de données du Registre Général des Cancers en Limousin	286
B. La démarche procédurale des études d'incidence	288
1. La standardisation directe et indirecte	289
2. Unité spatiale (US) et Petite Unité Géographique (PUG)	290
3. Le Ratio Standardisé d'Incidence (SIR)	290
4. Intervalle de confiance et éligibilité	293
C. La statistique globale	295
1. L'homogénéité	295
2. L'autocorrélation spatiale	297
D. La cartographie de l'incidence	298
1. Des SIR bruts aux SIR lissés	298
2. L'épicentre géographique	299
3. Méthode de balayage de Kulldorf (Spatial Scan Statistic)	301
4. Récap. de la méthode d'identification et de représentation spatiale d'agrégats spatiaux	304
II. Méthodologie pour la mesure des relations avec l'environnement	305
A. Construction d'indices environnementaux à l'échelle régionale	306
1. Construction de l'Indice EASEU	306
2. Construction des autres indices environnementaux	308
Les sites d'activités ayant potentiellement pollué les sols (Activités polluantes)	309
Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)	310
Réseau électrique Haute Tension	311
Les produits phytosanitaires au regard de l'activité agricole (PHYTO)	311
Les axes routiers	313
L'aléa radon	313
3. Interaction des variables entre elles	314

B. Mesure des relations et des confusions environnementales	315
1. Un modèle de régression de Poisson sur des variables ordinales	315
2. Ajustement du modèle sur l'hétérogénéité	318
3. Le modèle multivarié retenu	319
Exemple de toutes pathologies cancéreuses chez l'homme [1998-2004].....	320
Exemple du cancer de la thyroïde chez la femme [1998-2004].....	321
Conclusion sur la méthode.....	324
III. Indicateurs d'incidence infrarégionale des cancers et Exposition aux anciens Sites d'Exploitation d'Uranium (EASEU) : synthèse régionale et « zoom » à l'échelle locale	326
Contexte d'incidence des cancers en Limousin	327
A. Présentation des résultats souhaitée par les acteurs	330
1. Structure principale de la fiche de synthèse.....	331
2. Une formalisation pour des résultats à minima	331
3. Exemples de fiches de synthèse	332
B. Essai d'interprétation pour le Limousin.....	335
1. Résultats à l'échelle régionale	337
Cancers toutes localisations confondues	337
Les zones de dissémination potentielle des stériles dans la région	340
Plus spécifiquement au droit des communes EASEU de niveau 3.....	341
2. Résultats à l'échelle locale.....	342
Les deux pathologies qui « clignotent ».....	342
Les quatre pathologies engageant des discussions.....	344
Les présumés étiologiques	347
C. Limites et discussions	350
1. Les limites liées aux sources d'informations.....	350
La source sanitaire	350
La population exposée.....	351
Les variables sociodémographiques du modèle multivarié.....	352
2. Les discussions sur les choix méthodologiques	353
La valeur de l'indice EASEU	353
Interprétations et modèle multivarié.....	354
Conclusion du chapitre IV	357
CHAPITRE V : TIG ET DIAGNOSTIC TERRITORIAL D'UNE MALADIE RARE	
La Sclérose Latérale Amyotrophique dans l'environnement limousin	361
Introduction du chapitre V.....	363
Etudes de cas sur la Sclérose Latérale Amyotrophique (SLA).....	363
Une maladie et des expositions environnementales collectives multiples	364
I. Objectifs et matériels.....	365
A. La Sclérose Latérale Amyotrophique en Limousin	365
1. Aspects cliniques	366
2. La population d'étude.....	366
3. L'incidence en Limousin.....	367
B. Objectifs de l'étude	367
1. Distribution agrégative de la SLA	367
2. SLA et environnement	368
C. Les sources d'informations géographiques	369
1. Les référentiels géographiques de l'IGN.....	369

2. Basias (BRGM), inventaire des sites potentiellement pollués.....	370
3. Inventaires des Agences de l'Eau : l'assainissement collectif.....	370
II. Méthodologie pour l'incidence infrarégionale et les prospections environnementales	371
A. La modélisation géographique.....	371
1. Le SIR, calcul et interprétation de l'indicateur principal.....	372
2. Le modèle GEO_US.....	372
3. Le Modèle GEO_CAS.....	373
B. Cartographie de l'incidence.....	374
1. SIR brut et SIR lissé.....	375
2. L'autocorrélation spatiale (<i>I</i> de Moran global et local).....	375
3. L'épicentre géographique.....	375
C. Relations avec l'environnement.....	376
1. Dans le cas du modèle GEO_US.....	377
2. Pour le modèle GEO_CAS.....	377
III. Résultats de l'incidence infra régionale.....	378
A. Une carte éclairée par le lissage des SIR.....	378
1. A l'échelle régionale.....	378
2. A l'échelle communale.....	380
B. Détection des structures agrégatives.....	381
1. Comportement des indicateurs d'incidence agrégative.....	381
2. Premières structures agrégatives détectées.....	382
C. Trois agrégats de SLA en Limousin.....	383
1. Corrections pour la définition des trois agrégats référentiels de la région Limousin.....	383
2. Descriptions des agrégats référentiels.....	384
IV. Premiers résultats sur les investigations environnementales.....	385
A. Investigations environnementales à l'échelle régionale.....	386
1. Sur les traces de l'industrie manufacturière.....	386
2. Sur la piste des cyanobactéries : les stations d'épurations.....	387
3. Exposition collective aux CEM : l'infrastructure Haute Tension.....	390
4. Exemples de quelques spécificités industrielles du Limousin.....	390
B. Les facteurs environnementaux dans les agrégats régionaux.....	394
1. Cyanobactéries et stations d'épuration, le devant de la scène.....	395
2. Les industries : éléments métalliques, chimiques, solvants et... cyanobactéries ?.....	395
3. Le réseau électrique Haute Tension, une piste moins probante.....	396
Conclusion du chapitre V.....	397
Conclusion de la seconde partie.....	399
Les TIG dans les systèmes de surveillance sanitaire français.....	399
Recherche d'épidémiologie spatiale : une problématique territoriale ?.....	400
Acteurs de la veille sanitaire avant la réforme territoriale de la santé publique.....	403
Veille et surveillance géo-sanitaire dans une gestion territoriale de la santé résolument tournée vers l'accès aux soins.....	405
Observatoires Régionaux de Santé et diagnostics territoriaux pour les ARS.....	408
Perspectives d'un cycle de gestion territoriale de la santé en région.....	411

CHAPITRE VI : BILANS ET PERSPECTIVES D'UNE GEOGRAPHIE DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE , Du rétrospectif au prospectif, bilan d'une technoscience d'utilité sociale pour la gestion et le développement des territoires	417
Introduction du chapitre VI	419
I. La relation SIG–Territoire : entre gestion et concertation territoriale, du mono à l'inter-organisationnelle.....	420
A. Le SIG d'organisation	421
1. SIG AT et SIG GT, géoportail et homogénéisation des pratiques géomatiques.....	421
2. SIRS et interopérabilité inter-organisationnelle.....	423
B. Les TIG, plateforme des concertations pour une gestion territoriale multi-organisationnelle	425
1. TIG et participation : les leviers d'actions de la gestion territoriale	425
2. Le cycle de la gestion territoriale multi-organisationnelle : un enjeu d'intérêt collectif pour la décennie 2010	426
II. Bilan et perspectives à l'attention des acteurs territoriaux.....	431
A. Evolution des paramètres socioprofessionnels dans le fonctionnement des SIG	432
1. Les profils géomatiques dans les métiers de la gestion territoriale	432
2. Conflits au sein de l'organisation pendant la construction sociale du SIG,... puis place à la collaboration ?.....	435
B. Une technoscience inter-organisationnelle qui bouscule les principes de la gouvernance territoriale.....	437
1. Concept de communautés de pratiques en géomatique	438
2. Fil conducteur pour la conduite d'un diagnostic territorial concerté.....	441
Conclusion du chapitre VI	445
Conclusion générale.....	447
Dissémination sous l'impulsion des pouvoirs publics, mais pour demain ?.....	448
Géographie des inégalités dans la diffusion spatiale des TIG	449
Une dissémination à son paroxysme.....	451
Bibliographie.....	455
Liste des figures.....	469
Liste des encadres statistiques.....	473
Liste des tableaux	474
Table des matieres.....	475

RESUME

La géographie de l'information géographique *c'est l'étude de la répartition spatiale des différents systèmes de production et de consommation de l'information géographique*. (Chrisman, in Roche 2000). Dans ce contexte scientifique, l'étude des inégalités géographiques dans le recours aux Technologies de l'Information Géographique (TIG) est certainement l'axe de recherche le plus pratiqué (qualification et niveau d'équipement des collectivités, typologies des informations géographiques produites, transversalité des représentations spatiales des techniciens vers les décideurs, etc.). Dans ce cadre de recherche, la dimension régionale offre un terrain d'études diversifié à l'égard des institutions compétentes à cette échelle, comme pour celles de plus petites tailles qui cohabitent et composent ce même territoire. Pour ce doctorat consacré aux outils et méthodes de l'ingénierie des TIG, le Limousin a constitué un terrain d'étude aux atouts géomatiques plus qualitatifs que quantitatifs. La réflexion présentée a été conduite à posteriori d'actions-recherche réalisées (entre 2000 et 2010) dans des groupes de travail pluri-thématiques et pluri-professionnels, avec des objectifs très différents, mais toujours pour répondre aux besoins d'acteurs territoriaux.

Les premières institutions concernées sont les collectivités territoriales qui furent parmi les premières à mettre en place des Systèmes d'Information Géographique (SIG) afin de coordonner leurs réalisations et leurs suivis d'actions dans leurs missions d'aménagement du territoire. Une rétrospective des missions assignées et assurées, aux et par les Technologies de l'Information Géographique (TIG), permet d'apprécier les facteurs contextuels favorables à l'émergence d'un SIG dans une Communauté d'Agglomération et un Conseil régional. La contribution des TIG pour les prises de décisions et le suivi d'actions est le point central des questionnements. Les études de cas, traitent ainsi de diagnostics territoriaux conduits à différentes échelles spatiales en collaboration avec les sphères techniques et décisionnelles de ces institutions. Elles permettent une analyse critique construite comme une contribution aux connaissances sur l'adéquation entre les TIG mises en œuvre, la nature des actions (diagnostics, suivis, aide à la décision), et l'échelle du territoire de compétences d'une collectivité territoriale.

La seconde partie aborde un enjeu pour lequel les diagnostics territoriaux (s'appuyant sur l'ingénierie géomatique) sont encore rares malgré l'évidence de résultats spatialisés utiles aux politiques et aux actions territorialisées : les inégalités géographiques dans la survenue des pathologies non transmissibles (à l'échelle infrarégionale). Les organismes de veille et de surveillance sanitaire (InVs, Registre, Centre de référence, etc.) ont été nos principaux collaborateurs pour des investigations géo-épidémiologiques territorialisées. Des méthodes mettant en évidence des structures spatiales sur-incidentes sont formalisées et des discussions sont ouvertes sur les mesures d'interactions spatiales avec différents facteurs environnementaux d'exposition collective. *In fine*, ces travaux sont mis dans des perspectives liées à l'émergence de nouveaux acteurs territoriaux telles que les Agences Régionales de Santé (ARS), notamment à l'égard de leurs compétences dans le domaine *Santé et Environnement*.

Les outils et méthodes présentées pour appréhender les problématiques territoriales et tenter d'y apporter des réponses sont le reflet de consensus d'acteurs d'origines professionnelles différentes, dans des concertations territoriales représentatives des préoccupations de gestionnaires de territoires durant la décennie 2000. D'abord rétrospectif puis prospectif, ce travail présenté sous la forme d'une thèse universitaire en géographie traite donc de l'ingénierie géomatique comme d'un média entre l'espace géographique, sa gestion et les prises de décisions qui le concernent : il s'adresse donc à l'ensemble des acteurs attentifs aux inégalités géographiques afférentes à leurs compétences et/ou leurs préoccupations territoriales.

Mots clés : géomatique, SIG, collectivités territoriales, géo-épidémiologie, environnement.